

Aus der HNO-Klinik und Poliklinik im Klinikum Charlottenburg
der Freien Universität Berlin
(Direktor: Prof. Dr. med. W. Schwab)

Ableitung akustisch evozierter Hirnstammpotentiale zur objektiven Diagnostik des frequenzabhängigen Betrages von Innenohrstörungen

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnärztin Christine Willer
aus Berlin

1976

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der HNO-Klinik und Poliklinik im Klinikum Charlottenburg
der Freien Universität Berlin
(Direktor: Prof. Dr. med. W. Schwab)

Ableitung akustisch evozierter Hirnstammpotentialle zur objektiven Diagnostik des frequenzabhängigen Betrages von Innenohrstörungen

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnärztin Christine Willer
aus Berlin

Referent: Prof. Dr.-Ing. D. Mrowinski

Korreferent: Prof. Dr. med. O. von Arentsschild
.....

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Zahn-, Mund-
und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 25. 5. 1976
.....



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<u>A. EINLEITUNG</u>	5
<u>B. SCHRIFTTUMSÜBERSICHT</u>	
I. <u>Verschiedene Untersuchungsmethoden der objektiven</u>	
<u>Audiometrie</u>	7
II. <u>Untersuchungen der "BERLINER Arbeitsgruppe"</u>	8
III. <u>Bisherige Ergebnisse bei Untersuchungen von</u>	
<u>Schallempfindungsstörungen</u>	8
<u>C. METHODIK</u>	
I. <u>Versuchsaufbau</u>	
1. <u>Ableitung</u>	9
2. <u>Reizgabe</u>	10
3. <u>Auswertung</u>	12
II. <u>Probleme der Verstärkung</u>	12
III. <u>Probandengut</u>	
1. <u>Normalhörige</u>	14
2. <u>Schwerhörige</u>	14
<u>D. ERGEBNISSE</u>	
I. <u>Normkurve für Luftleitung</u>	
1. <u>Allgemeines</u>	14
2. <u>Erklärungen zur Auswertung der geplotteten</u>	
<u>Ergebnisse</u>	15
3. <u>Beispiel einer Untersuchung für die Normreihe</u>	18

	Seite
4. <u>Vergleich zwischen der Pegel-Latenz-Kennlinie</u> <u>für Klick-Reiz und Gauß-Pips 2, 4, 8 kHz</u> <u>bei Luftleitung</u>	21
II. <u>Untersuchungen von Schallempfindungsstörungen</u>	
1. <u>Allgemeines zur Untersuchung der</u> <u>pathologischen Fälle</u>	
a. <u>Fragestellung</u>	22
b. <u>Kriterien zur Auswahl der Fälle</u>	22
c. <u>Untersuchungsablauf</u>	22
2. <u>Auswertung der pathologischen Fälle</u>	25
3. <u>Zusammenfassung der Ergebnisse</u>	63
<u>E. DISKUSSION</u>	
I. <u>Die Luftleitungswerte Normalhöriger bei Reizung</u> <u>mit Gauß-Pips</u>	65
II. <u>Die Untersuchung von Schallempfindungsstörungen</u>	66
<u>F. ZUSAMMENFASSUNG</u>	71
<u>G. LITERATURNACHWEIS</u>	72

A. EINLEITUNG

In der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde sucht man nach einer Verbesserung der bisher entwickelten Meßtechniken zur Feststellung des Hörvermögens. Die bisher gebräuchliche Methode der subjektiven Audiometrie setzt beim Untersuchten die Fähigkeit und den Willen zur Kommunikation voraus; sind diese nicht vorhanden, wie z.B. bei Säuglingen und Kleinkindern, Debilen, Bewußtlosen oder Simulanten, so ergeben sich größte Schwierigkeiten für quantitative Aussagen aus einem Audiogramm.

Die seit 1965 entwickelte objektive Audiometrie kann diese Lücke schließen. Sie basiert auf elektrophysiologischen Änderungen der Gehirnaktivität, welche durch akustische Reize ausgelöst werden. Notwendige Voraussetzung zur Erfassung dieser evozierten Aktionspotentiale ist die Verwendung von Mittelwertrechnern, statistisch arbeitenden Rechenmaschinen auf elektronischer Basis, welche die im konventionellen EEG untergehenden evozierten Potentiale aus dem etwa 5 - 50mal größeren "Störpegel" der Spontanaktivität herausheben können. Man erhält bei Mittelung über viele Einzelpotentiale typische Kurvenbilder. Die Parameter zur Beurteilung der Meßergebnisse sind Latenz und Amplitude der als Reizantwort ermittelten Summenantworten. Es haben sich drei Verfahren in der klinischen Anwendung bewährt:

1. die Elektrocochleografie, bei der periphere Potentiale (Cochlea bzw. N.acusticus) mit sehr kurzen Latenzen von 1 - 4 msec abgeleitet werden;

2. die Ableitung von Hirnstammpotentialen mit Latenzen von 6 - 10 msec;
3. die EEG-Audiometrie mit der Ableitung später Komponenten unspezifischer kortikaler Potentiale nach 80 - 120 msec.

Bei den folgenden Untersuchungen wurden Hirnstammpotentiale abgeleitet. Bisher wurde erfolgreich mit einem breitbandigen Klick-Reiz gearbeitet, der jedoch keinen genauen Aufschluß über den Verlauf der Hörschwelle im Frequenzbereich über 2,5 kHz bietet.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, mit Hilfe der objektiven Audiometrie unter Verwendung von schmalbandigen Pip-Tonreizen in den Frequenzbereichen von 2, 4 und 8 kHz eine Luftleitungs-Pegel- Latenz-Kennlinie für Normalhörige zu erstellen sowie die Hörschwelle bei frequenzabhängigen Schallempfindungsstörungen zu ermitteln; für die Untersuchung wurden Fälle von Hochtosenken und Hörverlusten für hohe Frequenzen ausgewählt. Die objektiven Befunde werden mit den üblichen audiometrischen Befunden verglichen und auf ihre diagnostische Sicherheit untersucht. Es soll ein Ausblick auf die weiteren diagnostischen Möglichkeiten mit der Ableitung akustisch evozierter Hirnstammpotentiale gegeben werden.

B. SCHRIFTTUMSÜBERSICHT

I. Verschiedene Untersuchungsmethoden der objektiven

Audiometrie

Die EEG-Audiometrie registriert späte evozierte Hirnrindenelemente mit einer Latenz von 80 - 250 msec; die Untersuchungen von DAVIS und YOSHIE (2) sowie KEIDEL und SPRENG (12) bildeten die Grundlage für die klinische Anwendung der EEG-Audiometrie bei Patienten mit zweifelhaftem Hörbefund. Die Methode der EEG-Audiometrie kann Auskunft über das Ausmaß, nicht über Ort und Ursache einer Hörschädigung geben; sie ist durch Faktoren wie spontane Vigilanzänderung, Sedierung, Analgetica u.ä., welche die Reaktionsbereitschaft der Hirnrinde beeinflussen, sehr störanfällig; Amplitude und Latenz zeigen eine hohe Normalstreuung; vgl. KOLLAR (13).

Die zur Diagnostik überwiegend cochleärer Hörschäden klinisch angewandte Elektrocochleografie wurde u.a. von YOSHIE und OHASHI (20), YOSHIE und YAMAURA (21) sowie ARAN (1) untersucht. Bei dieser Methode wird eine Nadelelektrode in die Paukenhöhle eingeführt, um Ableitungen vom Promontorium registrieren zu können. Die Elektrocochleografie ermöglicht eine Aussage über die Funktionsfähigkeit des CORTI-Organes und der primären afferenten Fasern des N.cochlearis.

Die Erfassung der Hirnstammpotentiale ermöglicht eine Funktionsdiagnostik des Mittel- und Innenohres sowie der afferenten Hörbahn bis zum Colliculus inferior. JEWETT und WILLISTON (11), LEV und SOHMER (14) sowie SOHMER et al. (16) haben

Vertexableitungen mit brauchbaren Ergebnissen gemacht.

Dabei wurde ein Wellenkomplex mit Latenzen bis zu 5 msec erfaßt.

II. Untersuchungen der "BERLINER Arbeitsgruppe"

Seit 1969 arbeitet die "BERLINER Arbeitsgruppe" (5, 6, 7, 8, 9, 10, 15) mit einer völlig verletzungsfreien Methode zur Ableitung der frühen Hirnstammpotentiale. Es wird mit Silber-Flächenelektroden von der intakten Kopfhaut ein sehr stabiles Potential 6 - 10 msec nach akustischer Reizung abgeleitet.

Das Potential ist für Klick-Reize bis zur subjektiven Hörschwelle nachweisbar, hat eine geringe Streuung und ist äußerst stabil gegenüber Vigilanzänderung und Sedierung; es stammt vermutlich aus dem Colliculus inferior.

Zur klinischen Anwendung kam die Methode im Zuge von Vorsorgeuntersuchungen und bei Verdacht auf Hörstörungen z.B. bei Hirnreifungs- und Hirnstoffwechselstörungen bei Säuglingen; außerdem wurden Kinder zwischen 2 und 5 Jahren zur Abklärung bei Sprachentwicklungsverzögerung untersucht sowie Erwachsene mit cochleärer oder neuraler Schwerhörigkeit. Auch an Patienten mit posttraumatischen oder tumorbedingten Hirnschädigungen wurde diese objektive Methode zur Funktionsdiagnostik der Hörbahn eingesetzt. GIESEN und RUDOLPH (10), GERULL et al. (6, 8), RUDOLPH et al. (15).

III. Bisherige Ergebnisse bei Untersuchungen von Schallempfindungsstörungen

YOSHIE und OHASHI (20) haben u.a. 15 Patienten mit Schallempfindungsstörungen unterschiedlichen Ausmaßes untersucht.

Es wurden Aktionspotentiale vom äußeren Gehörgang oder vom Promontorium abgeleitet und Pegel-Latenz- und Pegel-Amplituden-Kennlinien ermittelt. Trotz individueller Latenzvariationen zeigte sich eine generelle Tendenz zu einer deutlichen Latenzverlängerung bei Innenohrschäden.

Andere Autoren konnten diese Ergebnisse nicht bestätigen: ARAN (1) fand bei Patienten mit Recruitment Normallatenzen und nur in einem Fall eine geringe Latenzverlängerung in Schwellennähe.

WANG und DALLOS (17) haben in Tierversuchen bei Meerschweinchen mit durch Kanamycin hervorgerufenen Haarzellschäden keine Latenzverlängerungen im Cochleogramm und abgeleiteten Aktionspotential im Vergleich zu normalhörigen Tieren feststellen können; nur eine Amplitudenverminderung wurde registriert. GERULL et al. (6) konnten im Fall einer Schallempfindungsstörung (Hochtosenke bei C5 bis C6) den Betrag der Hörstörung durch eine objektive Schwellenermittlung mit Hilfe von Ton-Pips der Frequenzen von 4 und 8 kHz bestätigen. Die gefundene Latenzverlängerung wird auf einen nicht auszuschließenden retrocochleären Anteil der Hörstörung zurückgeführt.

C. METHODIK

I. Versuchsaufbau

1. Ableitung

Zur verletzungsfreien Ableitung der Hirnstammpotentiale werden der Versuchsperson 5 Silber-Flächenelektroden am Kopf angelegt:

2 Elektroden befinden sich beidseits des Vertex, 2 weitere jeweils im Mastoidbereich und die Massen-Elektrode an der Stirn; die Ableitung erfolgt vom Vertex zum ipsi- oder kontralateralen Mastoid. Um die Leitfähigkeit zwischen Kopfhaut und Elektrode zu erhöhen, werden die Ableitstellen entfettet und mit Elektrodenpaste eingerieben. Anschließend wird mit einem Elektrodenprüfer festgestellt, ob der optimale Haut-Übergangswiderstand von 5 - 10 k Ω erreicht ist.

Die Messung erfolgt in einem sowohl akustisch gedämmten als auch elektrisch abgeschirmten, abgedunkelten Test-Raum; die Versuchsperson liegt entspannt in einem bequemen Klappsessel; sie wird aufgefordert, die Augen zu schließen, möglichst ruhig zu liegen und willkürliche Muskelanspannungen im Kopfbereich zu vermeiden, um myogene Artefakte weitgehend auszuschalten. Die Potentiale werden verstärkt und gehen dann in den Analog-Digital-Konverter des Averagers.

2. Reizgabe

Die akustischen Reize werden mit einer Reizrate von rund 32 / sec in statistischer Folge über Kopfhörer DT 48 monaural vermittelt, das kontralaterale Ohr wird mit Breitbandrauschen vertäubt.

Als akustische Reize werden Klicks und Gauß-Pips der Frequenzen 2, 4 und 8 kHz verwendet, vgl. ENGELN (+4) und Abb. 1.

Die Klicks haben eine Länge von 0,1 msec; ihr Spektrum verläuft bis 2,5 kHz fast linear und fällt dann steil ab. Die Polarität der Reize wechselt ständig, um Reizeinstreuung auf die Ableit-

elektroden herauszumitteln. Der Schallpegel wird vor dem Endverstärker (Philips 5175) mit einem Abschwächer (Marconi) eingestellt; die Lautstärkenangaben beziehen sich für alle Reizarten auf die subjektiven Hörschwellen in dB von Normalhörigen (Hörverlustdarstellung).

Beim Gauß-Pip handelt es sich um einen schmalbandigen Tonimpuls mit einer Halbwertsbreite von 3 msec; er erhielt die Bezeichnung "Gauß-Pip", weil seine Hüllkurve einer Gaußschen Verteilungskurve entspricht. Dieser Gauß-Pip weist eine zur klinischen Diagnostik genügend schmalbandigen Spektralbereich auf und ist andererseits kurz genug, um gut ausgeprägte Potentiale zu evozieren, ENGELN (4).

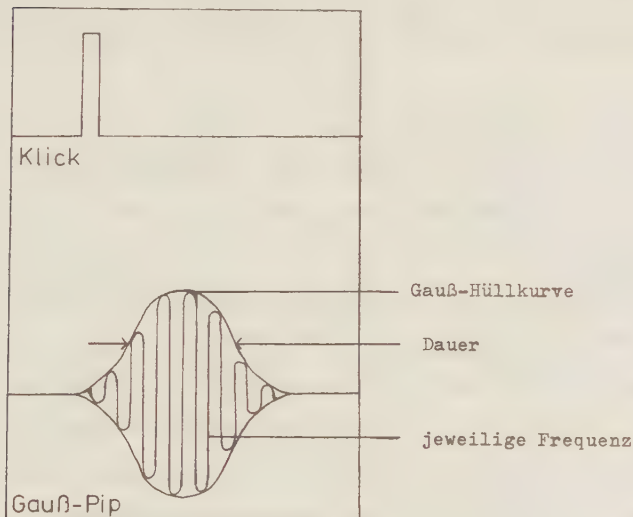


Abb. 1 : Klick-Reiz und Gauß-Pip-Reiz.

3. Auswertung

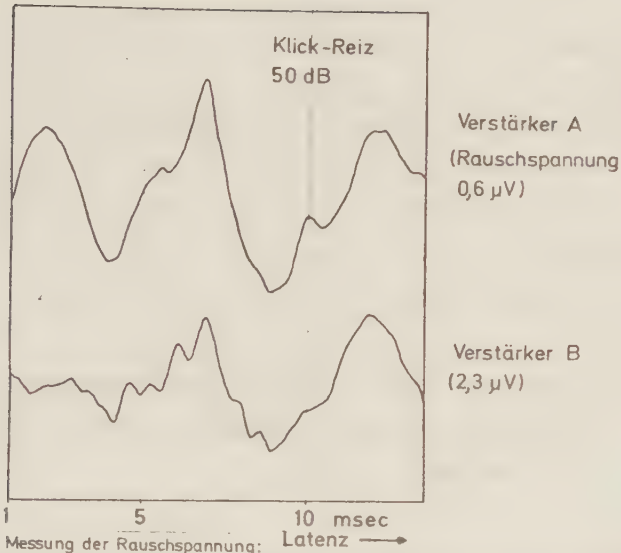
Die Potentiale werden durch den Laborrechner PDP-12 on line mit einer Analysezeit von 12,5 msec reizsynchron 2000mal gemittelt. Zur automatischen Artefaktausschaltung werden Ergebnisse aus Zeitabschnitten, in denen die Spannung eine Schwelle übersteigt, von der Summation ausgeschlossen, vgl.

BERLINER Arbeitsgruppe (5, 6, 7, 8).

Da die Amplitudenwerte erheblich stärkeren Schwankungen unterliegen als die Latenzen, GERULL et al. (5), erfolgt eine kombinierte Rechner-Auswertung von Amplituden- und Latenzveränderungen. Hauptmerkmal für die Auswertung ist die auffallend steile negative Welle, die auf einen deutlichen Gipfel folgt, welcher nicht immer der höchste ist. Häufig erscheint die Antwort auf leise Reize als das Ende eines Plateaus, GERULL et al. (7).

II. Probleme der Verstärkung

Während der Untersuchung an Normalhörigen ergab sich die Möglichkeit einer technischen Verbesserung: das Eigenrauschen des Verstärkers verursachte ein durch viele Nebengipfel unübersichtliches Kurvenbild, was die Auswertung erschwerte. Nach Abschluß der Normalhörigenreihe wurde der alte Verstärker B (Abb. 2) durch den DISA-Verstärker A ersetzt, dessen Eigenrauschen um den Faktor 4 geringer ist. Das Ergebnis war eine Glättung des Kurvenbildes und eine bessere Ablesbarkeit. Diese Einführung des neuen Verstärkers erklärt die unterschiedlichen Kurvenbilder bei der vorliegenden Untersuchung (Normkurve: Verstärker B, Patientenuntersuchungen: Verstärker A).



Messung der Rauschspannung:
Effektivwert im Frequenzbereich 10 Hz-1 kHz, Eingangsbeschaltung: 10 k Ω .
Verstärker A: DISA 14C13, Verstärker B: Tranchant TX 200,
Vorverstärkung: 1000.

Abb. 2 : Kurvenbilder mit Verstärker A und B.

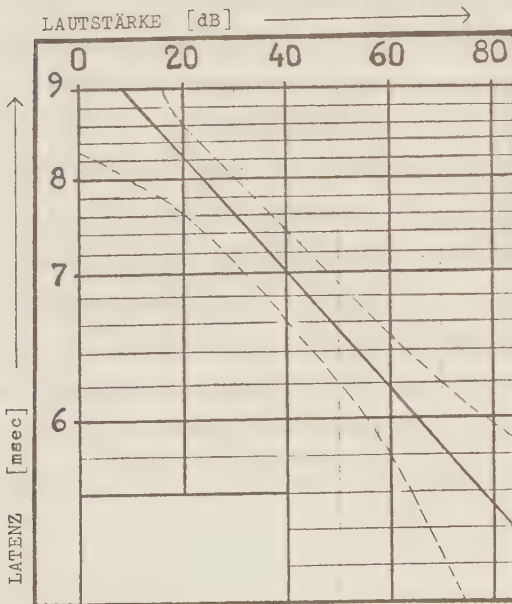


Abb. 3 : Grundschema
des Pegel-Latenz-
Diagramms bei Klick-
Reizung; WOLF (18).

III. Probandengut

1. Normalhörige

Die Versuchspersonen für die Messungen Normalhöriger waren 16 Freiwillige, darunter normalhörige Patienten des Klinikums Charlottenburg; die Normalhörigkeit wurde durch ein Tonschwellenaudiogramm belegt. Bis auf eine Probandin (16 Jahre alt) gehörten alle der Altersgruppe zwischen 20 und 30 Jahren an.

2. Schwerhörige

Bei den Fällen mit Hörstörungen handelt es sich um ausgesuchte Patienten der HNO-Klinik, die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung einbestellt wurden.

D. ERGEBNISSE

I. Normkurve für Luftleitung

1. Allgemeines

Zur Ermittlung der Pegel-Latenz-Kennlinie für Luftleitung in den Frequenzen 2, 4 und 8 kHz (Gauß-Pip) wurden insgesamt 28 Ohren untersucht. Von den Latenzen wurden Mittelwert und Standardabweichung errechnet. Zur grafischen Darstellung der Normkurven wurde ein von WOLF (18) ermitteltes Diagramm der Pegel-Latenz-Kennlinie für Luftleitung bei Klick-Reizen zugrunde gelegt.

Abb. 3 zeigt im vorgegebenen Grundschema diese Normkennlinie mit Mittelwert und Standardabweichung. Die Latenzen bei Gauß-Pip-Reizen waren im Vergleich zu Klick-Reizung um ca. 1,6 msec verlängert, was auf den langsameren Anstieg der Gauß-Pip-Reize und auf einen späteren Reizbeginn zurückzuführen ist. Nach Verrechnung ergeben sich annähernd gleiche Streubereiche für

Klick und Gauß-Pip 2, 4 und 8 kHz.

2. Erklärungen zur Auswertung der geplotteten Ergebnisse

Es wird der Kurvenverlauf beider Kanäle ausgedruckt.

Die Abkürzungen bedeuten im einzelnen:

AP = abgeleitetes Aktionspotential;

...DB = Schallpegel über der subjektiven Schwelle Normalhöriger;

R bzw. L = Reizgabe am rechten bzw. linken Ohr mit Vertäubung
des Gegenhohres;

Klick = Klick-Reiz;

2, 4, 8 kHz = Gauß-Pip der jeweiligen Frequenz;

LUFT bzw. KN = Luft- bzw. Knochenleitung;

SUM... = Anzahl der aufsummierten Reizantworten und Höhe der
EEG-Verstärkung durch die folgende Ziffer (1-9);

BLK... = Blocknummer auf dem digitalen Datenband.

Für Klick-Reize über Luft- und Knochenhörer wird die Antwort aus
dem geplotteten Meßprotokoll in Zentimeter abgelesen und mit
0,2 multipliziert.

Die verwendeten Zeichen im Pegel-Latenz-Diagramm bedeuten im
einzelnen:

/ = Klick-Reiz;

2, 4, 8 = Gauß-Pip der jeweiligen Frequenz in kHz;

O = Luftleitung;

□ = Knochenleitung.

Durch den langsameren Reizanstieg und den nicht exakt bestimmten
Reizbeginn der Gauß-Pip-Reize im Vergleich zu Klick-Reizen er-
gibt sich eine Latenzverlängerung; der Betrag dieser Verlänge-
rung konnte durch die Normreihe mit Gauß-Pip-Reizung bestimmt

werden: die Antwort auf Gauß-Pips erfolgt 1,6 msec später als die auf Klick-Reize. Darum müssen bei Reizung mit Gauß-Pips zusätzlich noch 1,6 msec subtrahiert werden, um Meßprotokoll und Pegel-Latenz-Diagramm in Übereinstimmung zu bringen.

Tabelle der Normkurven für Luftleitung bei 2, 4, 8 kHz-

Gauß-Pip-Reizen

kHz	dB	Latenz AM (msec Diagramm)	Streubereich SD (+ und -)	Versuchsanzahl N
2	70	5,65	0,41	26
2	50	6,58	0,51	25
2	30	7,90	0,51	24
4	70	5,42	0,38	26
4	50	6,45	0,51	22
4	30	7,49	0,62	16
8	70	5,66	0,44	26
8	50	6,78	0,47	21
8	30	7,61	0,46	14

Tab. 1 : Werte für die Normkurven

AM = arithmetisches Mittel;

SD = Standardabweichung.

Abb. 3a :

2 kHz-Normkurve

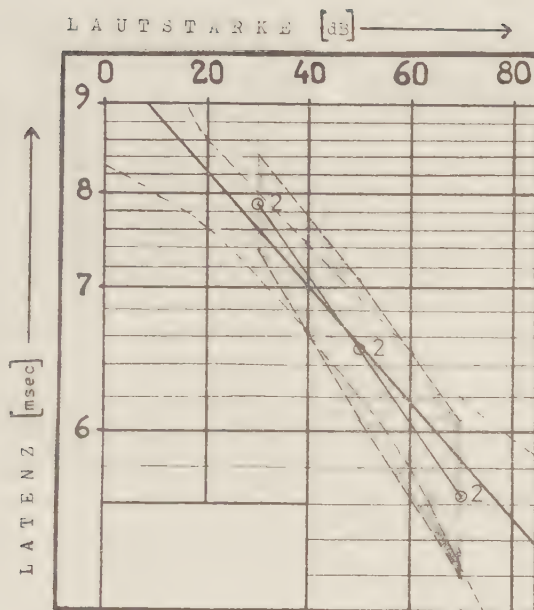


Abb. 3b :

4 kHz-Normkurve

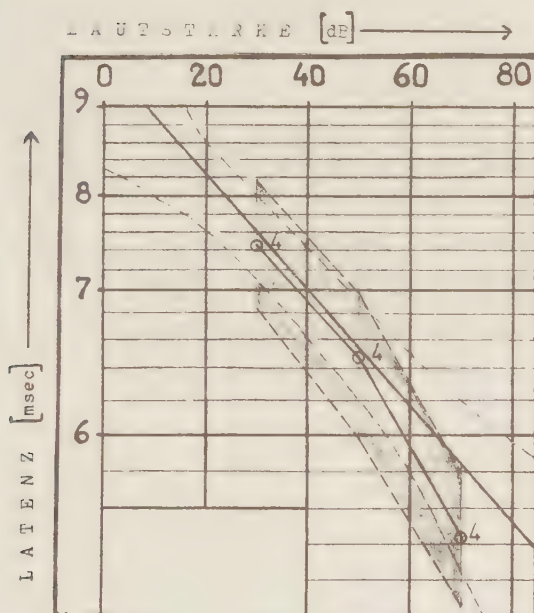
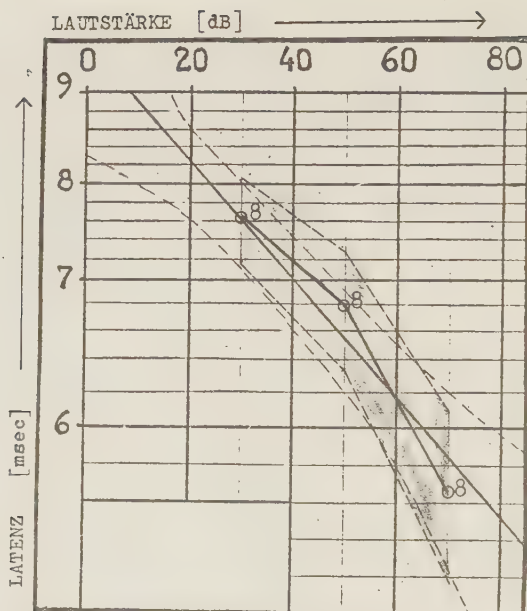


Abb. 3c :

8 kHz-Normkurve



3. Beispiel einer Untersuchung für die Normreihe.

Fall 1 :

F., W. 30 Jahre , Männlich , Normalhörig .

Tonschwellenaudiogramm (Abb. 4a) :

Rechts und Links kein Hörverlust; Schwelle bei beiden Ohren zwischen -10 und +10 dB.

ERA-Befund (Abb. 4b) Rechtes Ohr :

Alle Ergebnisse sind Luftleitungswerte.

Klick / 70 dB : 5,1 msec;

2 kHz / 70 dB : 5,8 msec; 4 kHz / 70 dB : 5,4 msec;

2 kHz / 50 dB : 6,9 msec; 4 kHz / 50 dB : 6,2 msec;

2 kHz / 30 dB : 7,2 msec; 4 kHz / 30 dB : 7,2 msec;

8 kHz / 70 dB : 6,0 msec;

8 kHz / 50 dB : 7,0 msec;

8 kHz / 30 dB : 8,0 msec.

Das objektive Audiogramm zeigt Latenzen im Normbereich für 2, 4, 8 kHz Gauß-Pip und eine normale Latenz für Klick-Reiz. Die Amplituden werden mit abnehmendem Schallpegel kleiner (vgl. Abb. 4c).

HNO-Klinik und Poliklinik
der Freien Universität
Klinikum Charloottenburg

Name: F. W.

Vorname:

Alter: 30 J.

Nr. des Pat.

K	G	L	G	K
Rechts	Beide	Links		
2	Verhörsberg	2		
4	Flurp. 2	4		
	Üppige. I			
/	Salze	/		
/	Werte m. Aus	/		
(←	Weber a	→		
+	Einzel a	+		

Datum:

Prüfer:

Nr. d. Audiogrammes:

Grund der Prüfung:

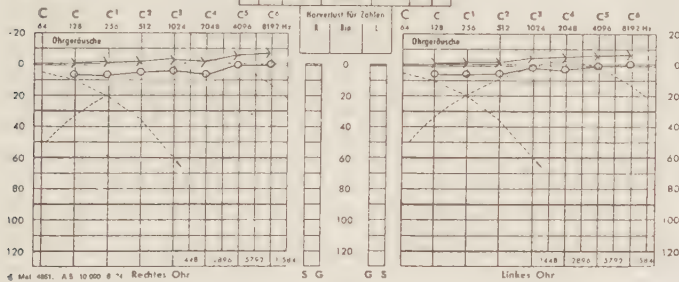




Abb. 4b : Fall 1,

Meßprotokoll, Rechts.



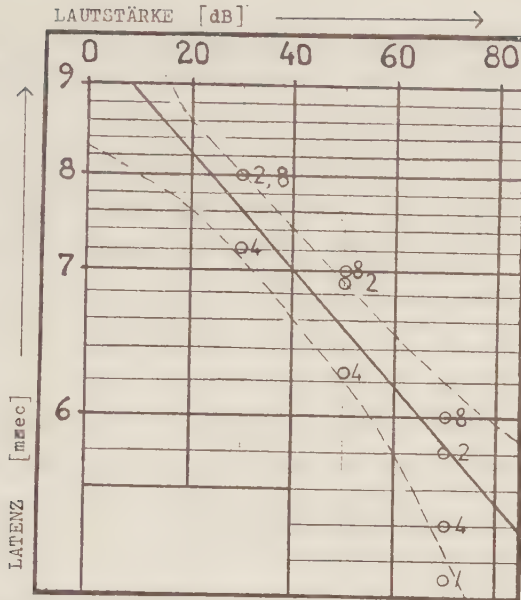
Abb. 4c :

Fall 1,

Pegel-Latenz-

Diagramm ,

Rechts.



4. Vergleich zwischen der Pegel-Latenz-Kennlinie für Klick-Reiz und Gauß-Pips 2, 4, 8 kHz bei Luftleitung.

Die ermittelten Normkurven für Gauß-Pips zeigen einen ähnlichen Verlauf wie die von WOLF (18) erstellte Normkurve für Klick-Reiz; die Streubereiche sind jedoch durch den langsameren Reiz anstieg der Gauß-Pips etwas größer, was bei der klinischen Beurteilung der Latenzen in der Weise berücksichtigt werden muß, daß auch Meßwerte, die geringfügig außerhalb des Normbereiches liegen, noch als normal bezeichnet werden können.

II. Untersuchungen von Schallempfindungsstörungen

1. Allgemeines zur Untersuchung der pathologischen Fälle

a. Fragestellung

- 1) Erlaubt die Methode der Ableitung von Hirnstammpotentialen den Nachweis einer Innenohrstörung?
- 2) Wie verhalten sich Latenz und Amplitude bei Schallempfindungsstörungen?
- 3) Ist eine Schwellenbestimmung bei Schallempfindungsstörungen möglich?
- 4) Wie genau kann eine Schallempfindungsstörung erfaßt werden, die nur einen sehr schmalen Frequenzbereich betrifft?

b. Kriterien zur Auswahl der Fälle

Für die Untersuchung der genannten Fragestellungen wurden Patienten mit zwei Arten von Schallempfindungsstörungen ausgewählt:

- 1) Hörverlust für hohe Frequenzen (basocochleärer Typ);
der basocochleäre Typ ist u.a. das charakteristische Bild der Presbyakusis; es wurden 5 Fälle dieses Typs untersucht.
- 2) Hörsenken im Bereich von 2 bis 6 kHz (mediocochleärer Typ)
mit unterschiedlichen Hörverlustanteilen in den verschiedenen Frequenzbereichen; die Hochtonsenke ist ein im allgemeinen durch Lärmtrauma verursachter Schaden; es wurden 5 Fälle dieses Typs untersucht.

c. Untersuchungsablauf

- 1) Anfertigung eines Tonschwellenaudiogramms bei Luft- und Knochenleitung zur Ermittlung der subjektiven Hörschwelle;

2) SISI-Test zur Bestätigung eines Recruitments; der FOWLER-Versuch wurde aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse untereinander nicht gemacht, da er bei seitengleicher Schwerhörigkeit nicht anwendbar ist.

3) Anfertigung eines Békésy-Audiogramms zum Ausschluß von Hörnerven- oder zentralen Schäden;

4) Anfertigung eines objektiven Audiogramms; es wurde nach folgendem Schema vorgegangen:

Zu Beginn wird mit Klick / 80 dB / Luftleitung gereizt, um Latenzverlängerungen, die z.B. durch Mittelohr- oder zentrale Schäden verursacht sind, sofort zu erkennen. Es folgt die Messung von Klick / 50 dB / Knochenleitung zur Feststellung normaler Knochenleitungslatenzen. Allerdings sind nicht alle Antworten auf Knochenleitungsreize deutlich, da die Schwierigkeiten bei der Messung der Knochenleitung zu manchmal unsicheren Antworten führen können, vgl. ENGELN (4).

Im Anschluß daran wird jeweils mit den Gauß-Pips der Frequenzen 2, 4, 8 kHz gereizt. Die erste Messung jeder Frequenz erfolgt bei einem Schallpegel von 80 dB; nachdem on line eine Antwort mit Latenz im Normbereich ermittelt wurde, wird jetzt versucht, eine Antwort bei 30 dB Schallpegel zu erzielen; liegt hierbei eine normale Antwort vor, so ist die Hörschwelle in diesem Frequenzbereich als normal zu bewerten, da eine Antwort auf einen Schallpegel von 30 dB als Bestätigung einer normalen Hörschwelle gilt. Zur Kontrolle kann noch mit 20 dB Schallpegel gereizt werden, was aber auch bei Vorliegen einer normalen Hörschwelle nicht immer eine gute Antwort erwarten läßt. Wurde bei 30 dB

Schallpegel keine Antwort gefunden, so wird in 10 dB-Schritten lauter werdend gereizt, bis eine deutliche Summenantwort erscheint; die gesuchte Schwelle liegt dann höchstens um 10 dB über dem Schallpegel dieser Summenantwort.

Die gesamte Untersuchungsdauer beträgt maximal 90 Minuten. Im allgemeinen werden 2000 Summationen als ausreichend betrachtet; im Zweifelsfall wird bis zu 4000 Summationen aufsummiert, oder die Messung wird wiederholt.

Die Latenzen aus dem ausgedruckten Meßprotokoll werden nach Verrechnung (vgl. D, I, 2) in das von der Normreihe her bekannte Diagramm übertragen.

Die Vertäubung des Gegenohres wird durch Langenbeck-Rauschen mit Luftschall vorgenommen. Da die Reizintensität auf die Normalhörschwelle bezogen ist, wurde wegen des unterschiedlichen Frequenzganges von Hör- und Verdeckungsschwellen bei der Reizfrequenz 8 kHz der Rauschpegel um 15 dB erhöht.

Ein normalhöriges Gegenohr wurde bei Knochenschallmessung für die gleiche, bei Luftschalluntersuchung für eine um 20 dB geringere Reizintensität vertäubt. Bei einem vorliegenden Hörverlust des Vertäubungsohres wurde der Rauschpegel entsprechend erhöht.

2. Auswertung der pathologischen Fälle

Fall 2

M., M. 68 Jahre , Weiblich .

Klinische Diagnose :
.....

Presbyakusis; Links fast ausgeheilte Facialis-Parese nach
Herpes zoster im Bereich des III. Astes des N. trigeminus.

Tonschwellenaudiogramm (Abb. 5a) :
.....

Beidseits Innenohrhörverlust mit Abfall zu den höheren Fre-
quenzen hin; Rechts ca. 50 dB Hörverlust bei 8 kHz; Links
ca. 60 dB Hörverlust bei 8 kHz.

SISI-Test (1 dB) :
.....

Beidseits 100 % bei 4 kHz.

Békésy-Audiogramm (Abb. 5b und 5c) Beidseits:
.....

Keine Separation der Dauertonkurven; deutliches Abfallen der
Kurven in Frequenzen über 4 kHz; das Ansteigen der Kurven bei
8 kHz ist als durch den Audiometer bedingten Artefakt zu bewerten.

ERA-Befund :
.....

Rechtes Ohr (Abb. 5d) :

Klick / 80 dB / Luftschall : Antwort nach 5,0 msec;

Klick / 50 dB / Knochenschall : Antwort nach 6,1 msec;

2 kHz : positive Antwort ab 40 dB;

4 kHz : positive Antwort ab 40 dB;

8 kHz : positive Antwort ab 70 dB.

Alle Antworten zeigen ein normales Latenzverhalten.

Linkes Ohr (Abb. 5e) :

Klick / 80 dB / Luftschall : Antwort nach 5,8 msec;

Klick / 50 dB / Knochenschall : Antwort nach 7,4 msec (unsichere Antwort);

2 kHz : positive Antwort ab 30 dB;

4 kHz : positive Antwort ab 40 dB;

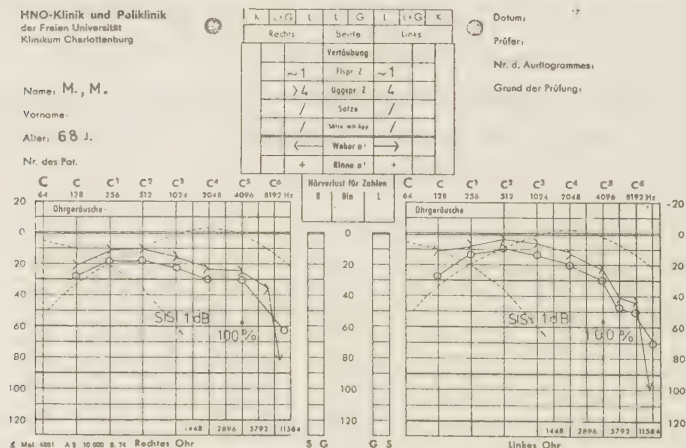
8 kHz : positive Antwort ab 50 dB.

Alle Luftleitungswerte zeigen keine Latenzverlängerungen.

Beurteilung:

.....

Es handelt sich hier um ein typisches Beispiel für die Altersschwerhörigkeit; dafür sprechen die Anamnese, das Alter der Patientin und die Befunde aus Tonschwellenaudiogramm, SISI-Test und Békésy-Audiogramm. Es handelt sich um einen Innenohrschaden beidseits. Die Auswertung des ERA-Befundes bestätigt die bei beiden Ohren subjektiv ermittelte Hörschwelle: die frühesten ERA-Antworten zeigen Übereinstimmung mit dem Tonschwellenaudiogramm (vgl. Abb. 5f und 5g).



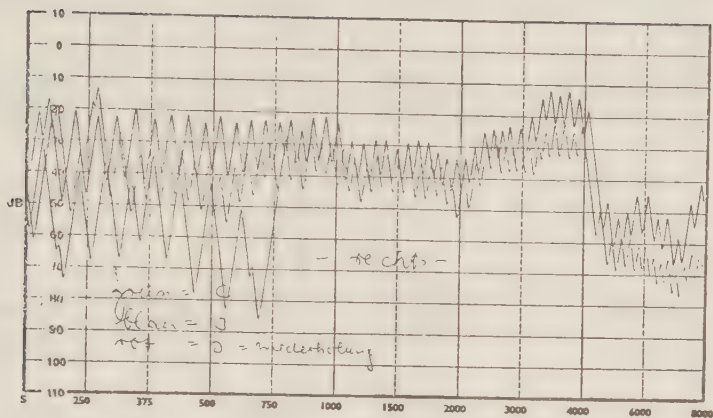


Abb. 5b : Fall 2, Békésy-Audiogramm Rechts.

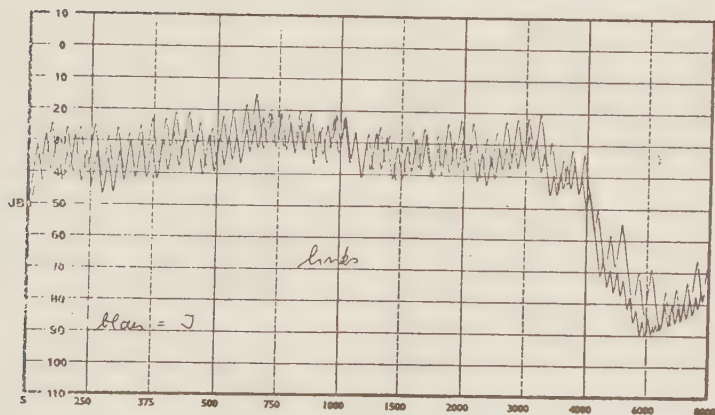


Abb. 5c : Fall 2, Békésy-Audiogramm Links.

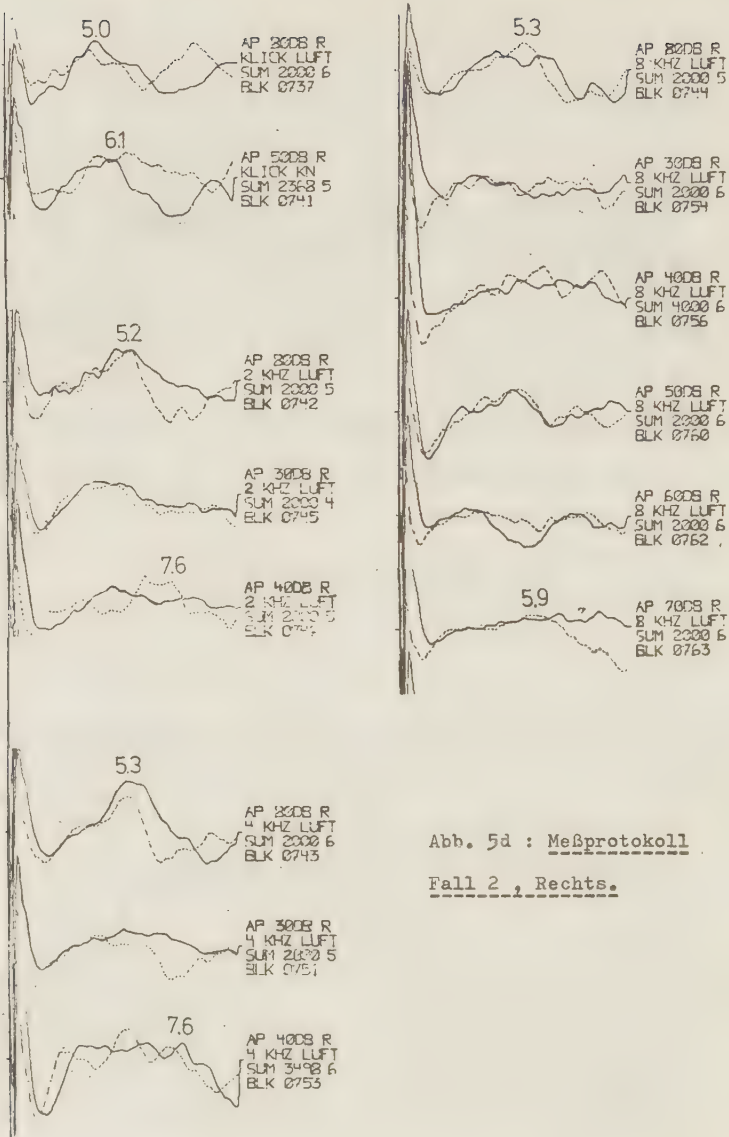


Abb. 5d : Meßprotokoll

Fall 2 , Rechts.

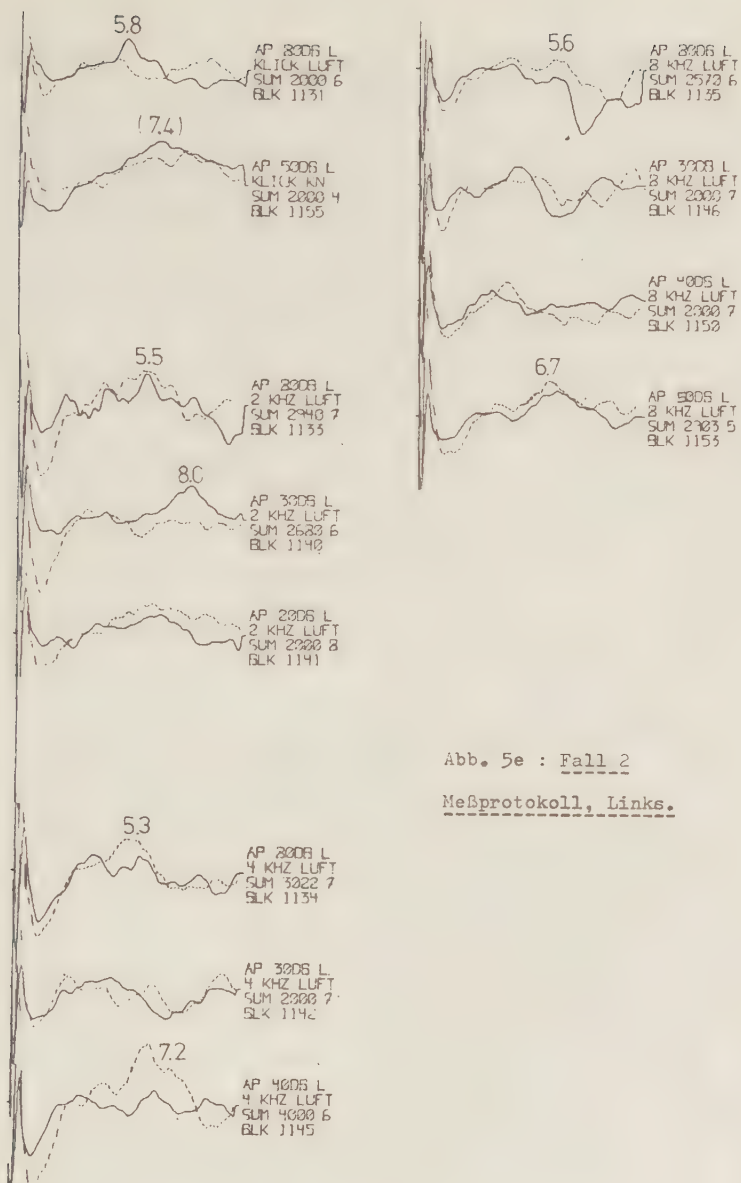


Abb. 5e : Fall 2

Meßprotokoll, Links.

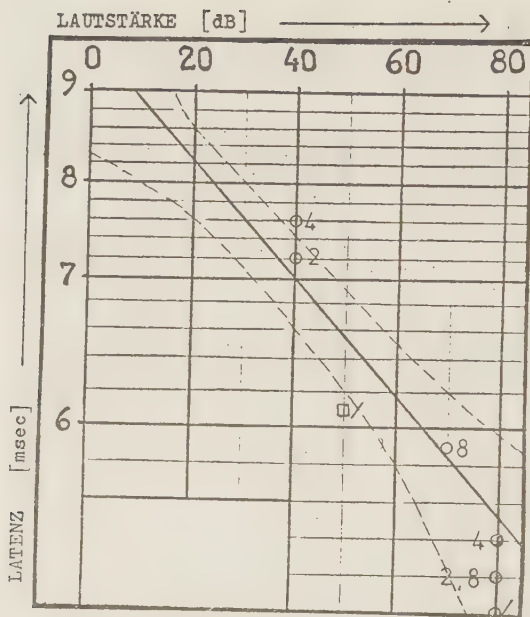


Abb. 5f : Fall 2,

Pegel-Latenz-
Diagramm, Rechts.

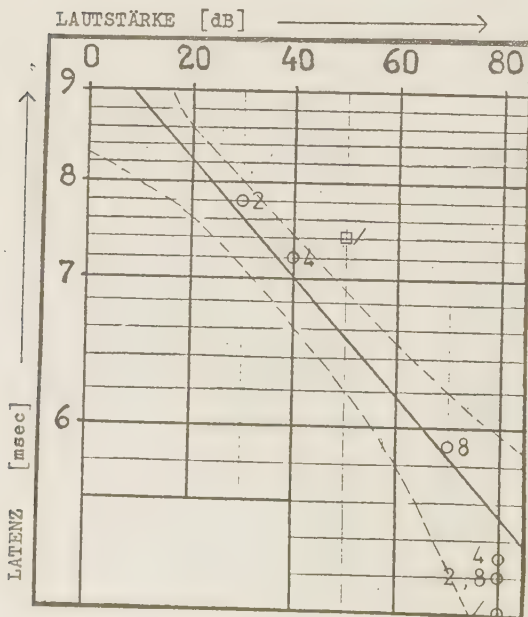


Abb. 5g : Fall 2,

Pegel-Latenz-
Diagramm, Links.

Fall 3

E., C. 36 Jahre , Männlich .

Klinische Diagnose :
.....

Links Paukensklerose bei gedeckter Trommelfellperforation;

Rechts o. B.

Tonschwellenaudiogramm (Abb. 6a) :
.....

Links kombinierte Hörstörung mit Gesamthörverlust von ca. 90 dB;

Rechts Innenohrhörverlust in den höheren Frequenzen; Schräg-
abfall oberhalb 1 kHz; Hörverlust ca. 60 dB bei 8 kHz.

SISI-Test (1 dB) :
.....

Rechts 100 % bei 4 kHz.

Békésy-Audiogramm (Abb. 6b) Rechts :
.....

Keine Separation der Dauertonkurve; Schrägabfall ab ca. 1,5 kHz.

ERA-Befund Rechtes Ohr (Abb. 6c) :
.....

Klick / 80 dB / Luftschall : Antwort nach 5,0 msec;

Klick / 50 dB / Knochenschall: Antwort nach 6,2 msec;

2 kHz : positive Antwort ab 20 dB;

4 kHz : positive Antwort ab 40 dB;

8 kHz : positive Antwort ab 60 dB.

Die früheste positive Antwort für 8 kHz zeigt eine geringe
Latenzverlängerung, die sich jedoch bei Vergleich mit der
8 kHz-Latenzverteilung für Normalhörige im oberen Streubereich
befindet. Alle Werte zeigen normales Latenzverhalten.

Beurteilung:
.....

Der ERA-Befund entspricht der subjektiv ermittelten Hörschwelle
rechts in allen überprüften Frequenzen (vgl. Abb. 6d).

HNO-Klinik und Poliklinik
der Freien Universität
Klinikum Charlottenburg

Name: E., C.

Vorname:

Alter: 36 J.

Nr. des Pat.

K	L	G	L	G	L	L	G	K
Rechts			Beide			Links		
50/85			Verstärkung					
5			Frequenz			φ		
> 4			Wegspr. 2			0,1		
/			Stimme			/		
/			Sinn mit App			/		
←			Weber a			→		
+			Rinne a			-		

Datum:

Prüfer:

Nr. d. Audiogrammes:

Grund der Prüfung:

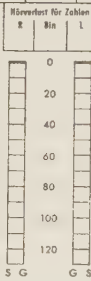
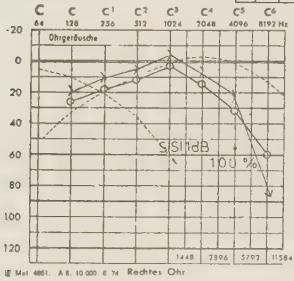


Abb. 6a : Fall 3 , Tonschwellenaudiogramm.

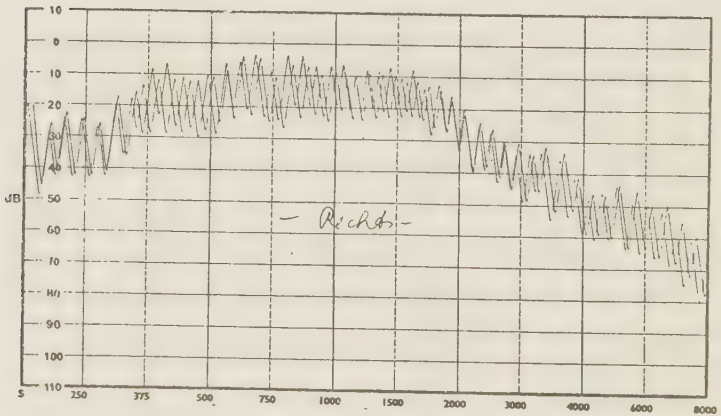


Abb. 6b : Fall 3 , Békésy-Audiogramm Rechts.

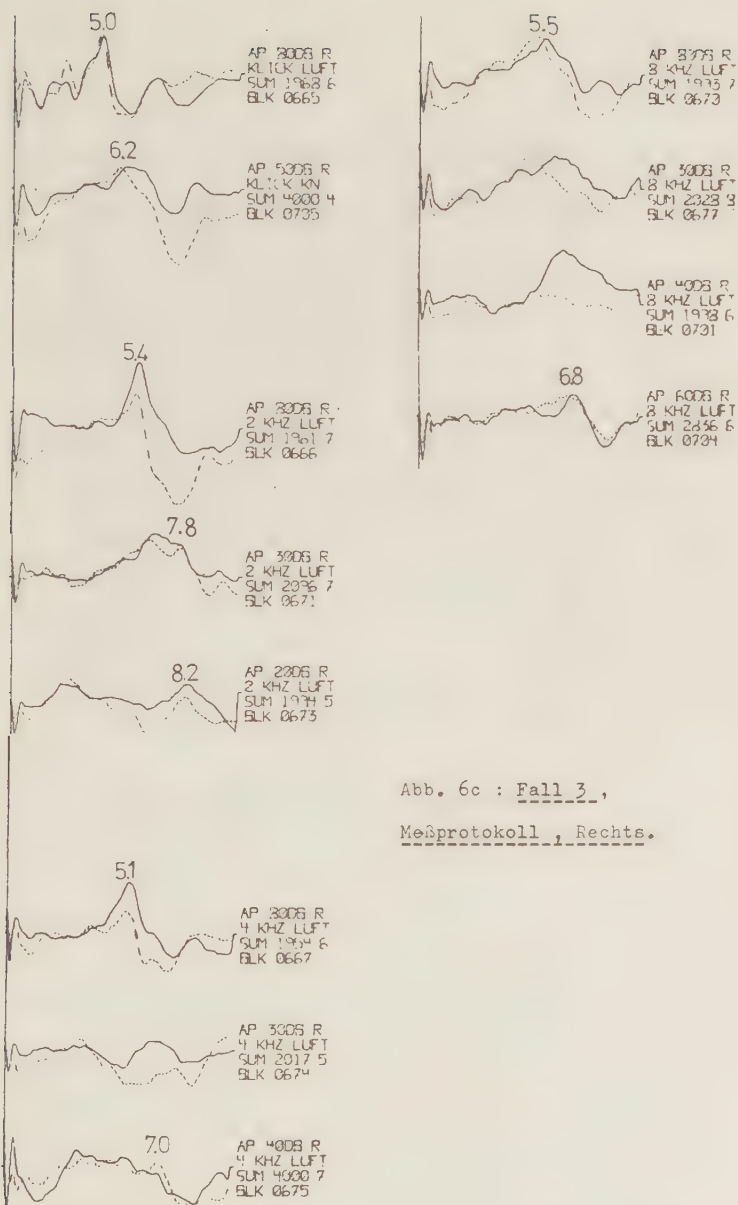


Abb. 6c : Fall 3,

Meßprotokoll , Rechts.

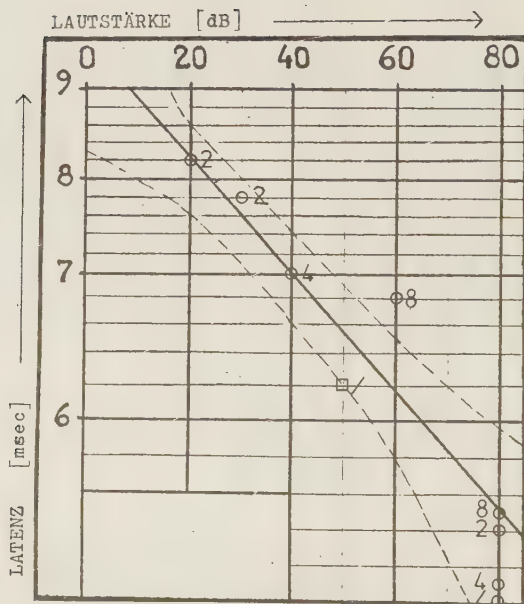


Abb. 6d : Fall 3, Pegel-Latenz-Diagramm,
Rechts.

Fall 4

S., H. 57 Jahre , Weiblich .

Klinische Diagnose :

Beidseits Schwerhörigkeit; Links Schalleitungsstörung bei tiefen Frequenzen, verursacht durch kleinen randständigen Trommelfelldefekt; Rechts Ohrlaufen; randständige Trommelfellperforation hinten oben bei Verdacht auf Cholesteatom.

Tonschwellenaudiogramm (Abb. 7a) :

Links kombinierte Hörstörung mit Schalleitungsanteil bis zu 30 dB im Frequenzbereich unter 500 Hz; Hörverlust ohne Schalleitungsanteil bei den Frequenzen 2 und 4 kHz von ca. 40 dB, bei 8 kHz von ca. 60 dB; Rechts kombinierte Hörstörung mit Gesamthörverlust bis zu 60 dB.

SISI-Test (1 dB) :

Links 100 % bei 4 kHz.

Békésy-Audiogramm (Abb. 7b) Links :

Keine Separation der Dauertonkurve.

ERA-Befund Linkes Ohr (Abb. 7c) :

Klick / 80 db / Luftschall : Antwort nach 5,8 msec;

Klick / 50 dB / Knochenschall : fragliche Antwort nach 6,6 msec;

2 kHz : positive Antwort ab 40 dB;

4 kHz : positive Antwort ab 30 dB;

8 kHz : positive Antwort ab 50 dB.

Alle Werte zeigen normales Latenzverhalten.

Beurteilung :

Das Tonschwellenaudiogramm entspricht dem ERA-Befund in den

Frequenzen 2 und 8 kHz; bei 4 kHz liegt die durch ERA gefundene Hörschwelle um ca. 10 dB niedriger als die subjektiv ermittelte; allerdings mußte wegen Unruhe der Patientin die Verstärkung erniedrigt werden, was zu einer nicht ganz sicheren Aussage führt (vgl. Abb. 7d).

HNO-Klinik und Poliklinik
der Freien Universität
Klinikum Charlottenburg

Name: S., H.

Vorname:

Alter: 57 J.

Nr. des Pat.:

K	L	G	L	G	L	L	G	K
Rechts			Beide			Links		
5075			Verstärkung					
~1			Frequ. 2			~1		
4			Hörspr. I			4		
/			Sätre			/		
/			Sätre mit Kap			/		
←			Weber o'					
←			Einne o'					

Datum:

Prüfer:

Nr. d. Audiogrammes:

Grund der Prüfung:

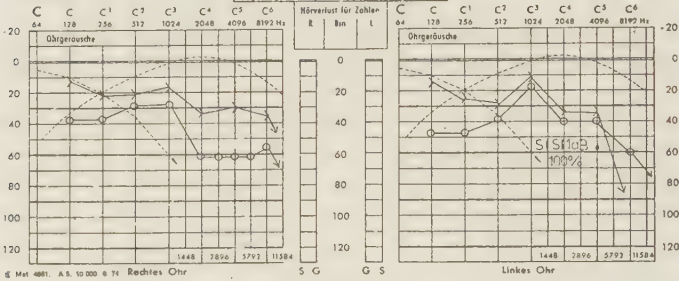


Abb. 7a : Fall 4 : Tonschwellenaudiogramm.

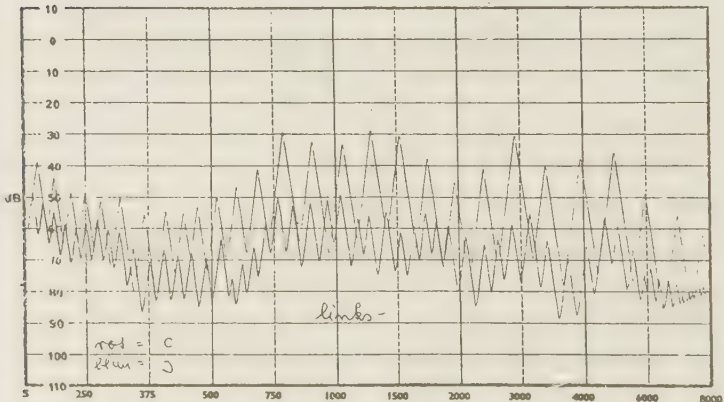


Abb. 7b : Fall 4 : Békésy-Audiogramm, links-.

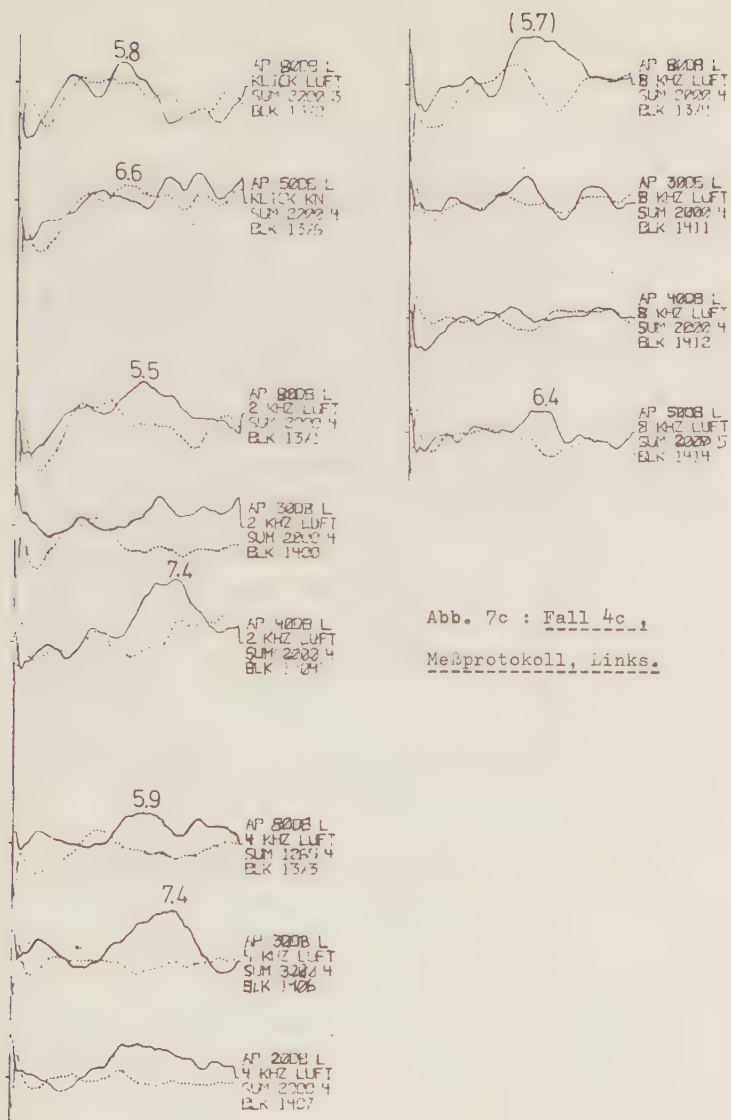


Abb. 7c : Fall 4c

Meßprotokoll, Links.

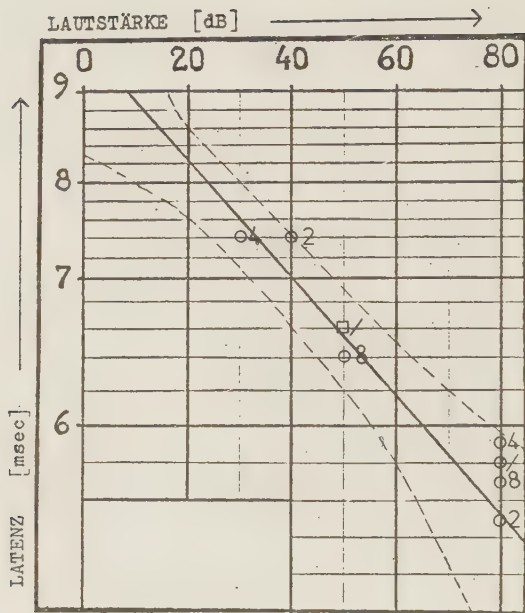


Abb. 7d : Fall 4 , Pegel-Latenz-Diagramm,

Links.

Fall 5

H., L. 33 Jahre , Männlich .

Klinische Diagnose :

Beidseits Hochtonschwerhörigkeit; Rechts kombinierte Hörstörung nach Otitis media.

Tonschwellenaudiogramm (Abb. 8a) :

Links Innenohrschwerhörigkeit mit Steilabfall ab 4 kHz; Hörsenke bei 8 kHz mit Hörverlust von 60 dB, über 8 kHz Hörverlust von ca. 40 dB; Rechts kombinierte Hörstörung mit Schrägabfall und geringfügigem Schalleitungsanteil; Gesamt-
hörverlust bei 8 kHz ca. 50 dB.

SISI-Test (1 dB) :

Links 100 % bei 8 kHz, 0 % bei 4 kHz.

Békésy-Audiogramm (Abb. 8b) Links :

Keine Separation der Dauertonkurve; starker Hörverlust über 4 kHz.

ERA-Befund Linkes Ohr (Abb. 8c) :

Klick / 80 dB / Luftschall : Antwort nach 5,5 msec;

Klick / 50 dB / Knochenschall : Antwort nach 6,3 msec;

2 kHz : positive Antwort ab 30 dB;

4 kHz : positive Antwort ab 20 dB ;

8 kHz : positive Antwort ab 80 dB.

Die Latenzablesungen sind in diesem Fall wegen unruhiger Kurven nur unsicher vorzunehmen. Der 8 kHz / 80 dB-Latenzwert liegt im Normalbereich.

Beurteilung :

Der ERA-Befund bestätigt die subjektive Hörschwelle (vgl. Abb 8d).

HNO-Klinik und Poliklinik
der Freien Universität
Klinikum Charlottenburg

Name: H., L.

Vorname:

Alter: 33 J.

Nr. des Pat.

K	L	G	L	G	L	G	K
Rechts				Links			
Verföbung							
5				5			
74				74			
/				/			
/				/			
←				→			
+				+			

Datum:

Prüfer:

Nr. d. Audiogrammes:

Grund der Prüfung:

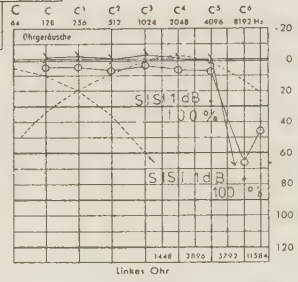
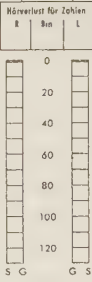
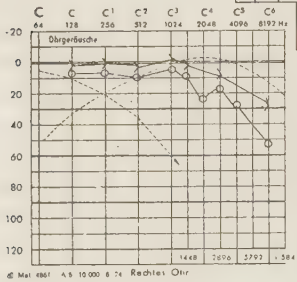


Abb. 8a : Fall 5, Tonschwellenaudiogramm.

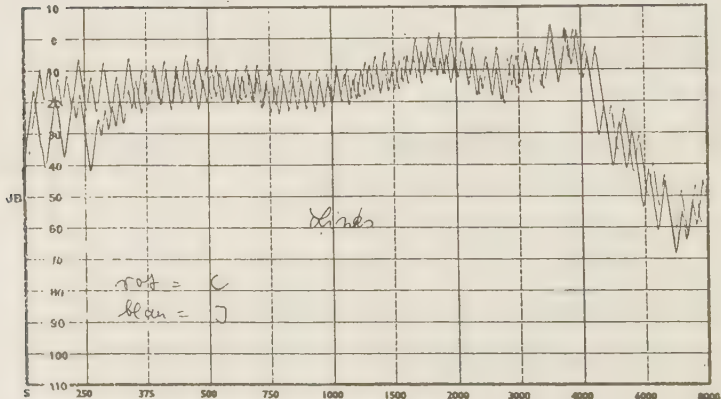


Abb. 8b : Fall 5, Békésy-Audiogramm, Links.



Abb. 8c : Fall 5.

..eßprotokoll, Links.



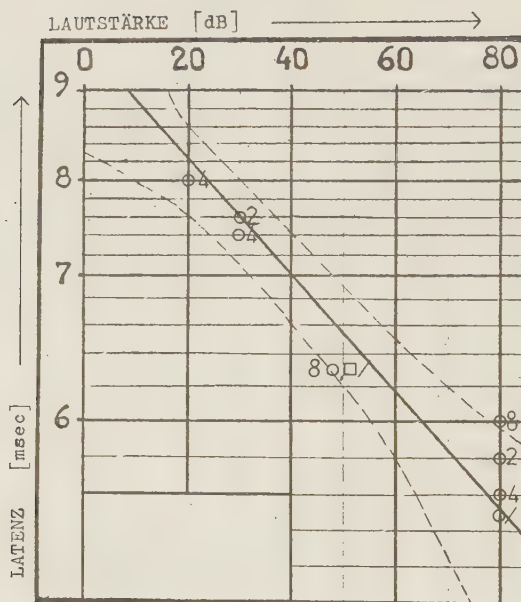


Abb. 8d : Fall 5 , Pegel-Latenz-Diagramm,
Links.

Fall 6

L., I. 52 Jahre , Weiblich .

Klinische Diagnose :
.....

Beidseits Verdacht auf Knalltrauma.

Tonschwellenaudiogramm (Abb. 9a) :
.....

Beidseits Hörsenken im Bereich von 6 kHz mit Hörverlust
von 40 dB.

SISI-Test (1 dB) :
.....

Beidseits 100 % bei 6 kHz.

Békésy-Audiogramm (Abb. 9b) :
.....

Beidseits keine Separation der Dauertonkurve; beidseits
Hörsenke bei 6 kHz.

ERA-Befund :
.....

Rechtes Ohr (Abb. 9c) :

Klick / 80 dB / Luftschall : Antwort nach 5,4 msec;

Klick / 50 dB / Knochenschall : zweifelhafte Antwort nach
6,0 msec;

2 kHz : positive Antwort ab 20 dB;

4 kHz : positive Antwort ab 30 dB;

8 kHz : positive Antwort ab 20 dB.

Linkes Ohr (Abb. 9d) :

Klick / 80 dB / Luftschall : Antwort nach 5,8 msec;

Klick / 50 dB / Knochenschall : zweifelhafte Antwort nach
5,9 msec;

2 kHz : positive Antwort ab 20 dB;

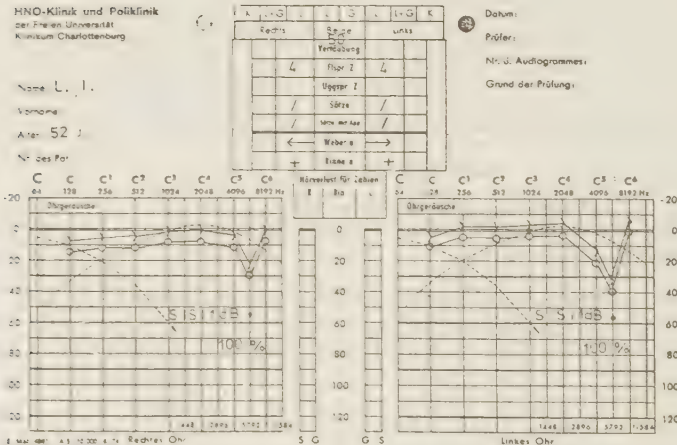
4 kHz : positive Antwort ab 30 dB;

8 kHz : positive Antwort ab 20 dB.

Alle Luftleitungswerte liegen im Normalbereich.

Beurteilung :

Die vorliegende Hochtonsenske ist eng begrenzt auf den Bereich von 6 kHz. Der ERA-Befund kann nur die Bereiche 2, 4 und 8 kHz erfassen; er bestätigt zwar die subjektiven Befunde, registriert aber nicht die eng begrenzte 6 kHz-Hörsenske, welche zwischen den vorhandenen Meßfrequenzen liegt. Der ERA-Befund zeigt bei beiden Ohren eine Normalhörschwelle über alle Frequenzen (2, 4 und 8 kHz), wobei deutlich wird, daß die Bandbreite des 4 kHz-Gauß-Pips die Hörsenske, die sich bei 6 kHz befindet, nicht mehr erfaßt (vgl. Abb. 9e und 9f) .



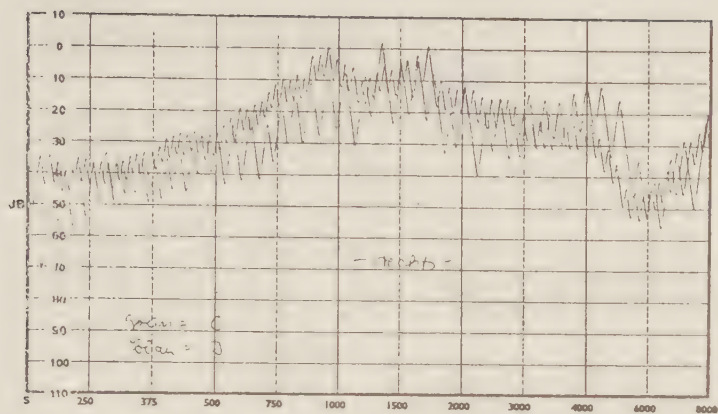


Abb. 9b : Fall 6 : Békésy-Audiogramm, Rechts.

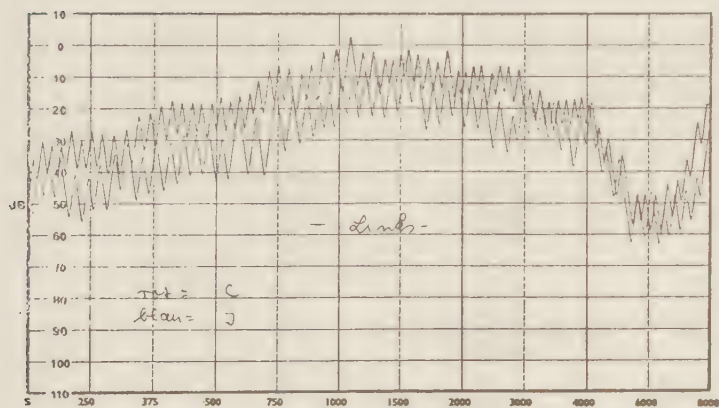


Abb. 9c : Fall 6 : Békésy-Audiogramm, Links.

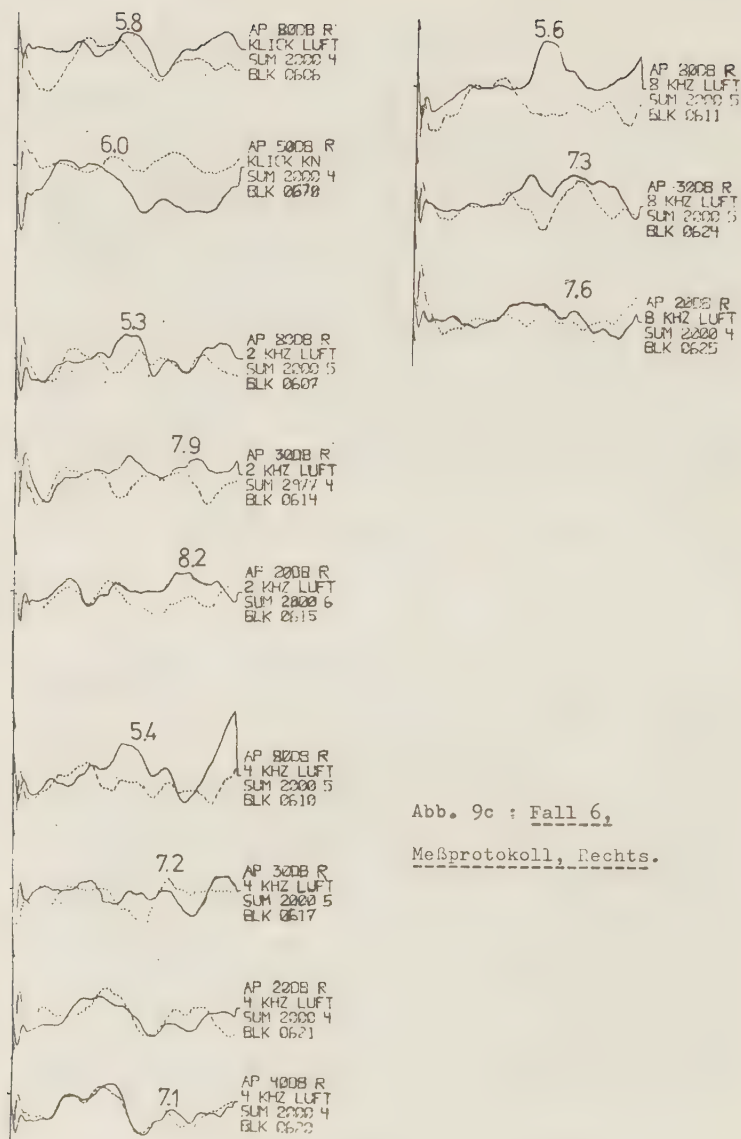


Abb. 9c : Fall 6,

Meßprotokoll, Rechts.

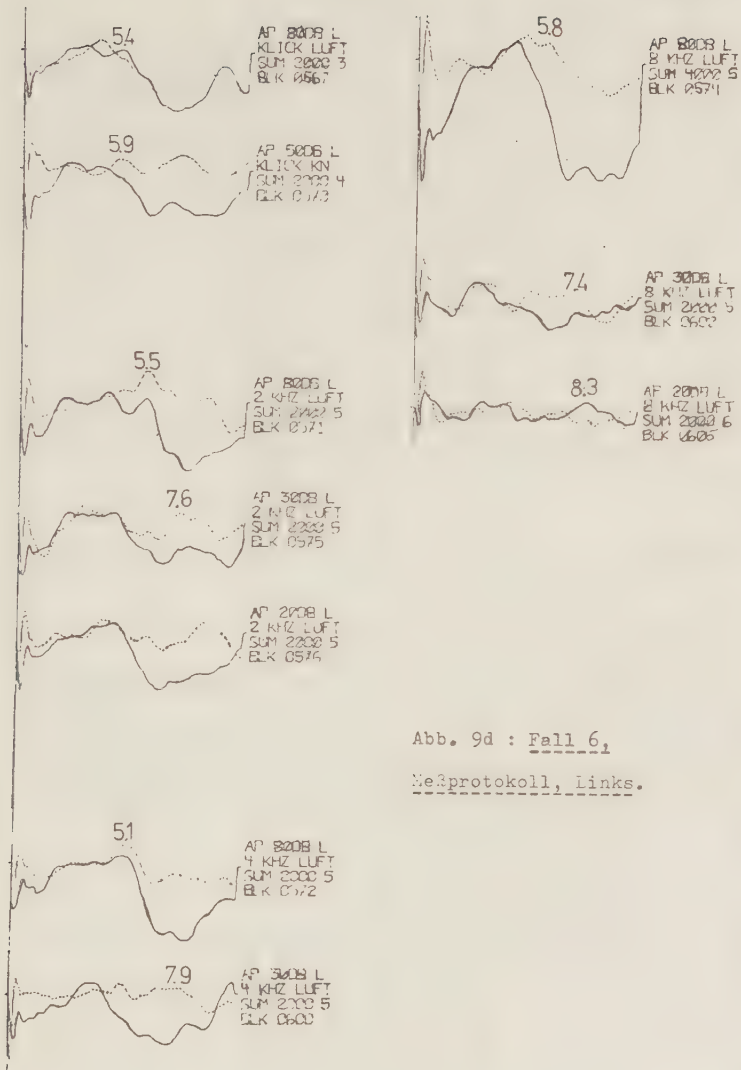
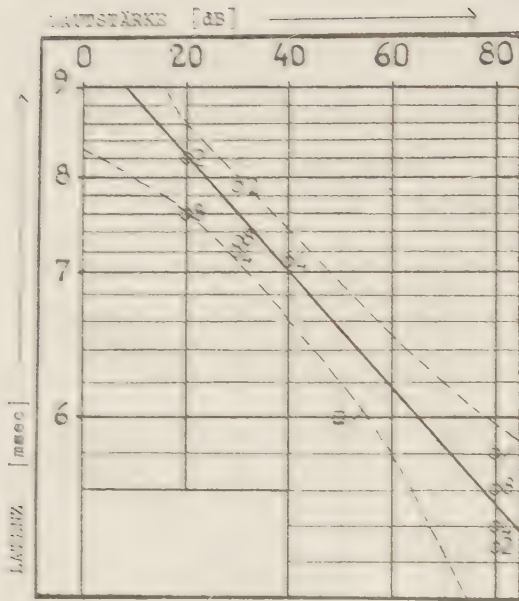
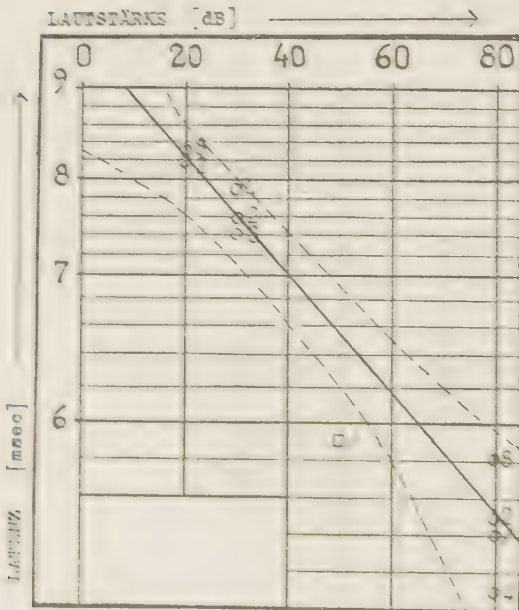


Abb. 9d : Fall 6,

Meßprotokoll, Links.



Normal hearing
Normal hearing
Normal hearing



Normal hearing
Normal hearing
Normal hearing

Fall 7

M., J. 33 Jahre , Männlich .

Klinische Diagnose :

Rechts seit 8 Jahren Ohrenrauschen mit geringgradiger Schwerhörigkeit; Links o. B.

Tonschwellenaudiogramm (Abb. 10a) :

Rechts Hörsenke bei 2 kHz mit ca. 30 dB Hörverlust; Links kein Hörverlust.

SISI-Test (1 dB) :

Rechts 100 % bei 2 kHz.

Békésy-Audiogramm (Abb. 10b) Rechts :

Keine Separation der Dauertonkurve; Hörsenke bei 2 kHz mit ca. 30 dB Hörverlust.

ERA-Befund (Abb. 10c) Rechtes Ohr :

Anmerkung zur Auswertung des ausgedruckten Meßprotokolls:

Zum Zeitpunkt dieser Untersuchung wurde ein verbessertes Computerprogramm benutzt; hierbei ist der Beginn der Mittelwertskurve für die Gauß-Pips den Klick-Reizen angepaßt, so daß die Latenz direkt vom Protokoll abgelesen werden kann; das Ergebnis wird mit 2 multipliziert; anschließend wird 1 msec addiert.

Klick / 80 dB / Luftschall : Antwort nach 5,9 msec;

Klick / 50 dB / Knochenschall : Antwort nach 6,7 msec;

2 kHz : positive Antwort ab 30 dB;

4 kHz : positive Antwort ab 20 dB;

8 kHz : positive Antwort ab 20 dB.

Alle Antworten zeigen Normallatenzen.

Beurteilung :
.....

Bei der vorliegenden Hörsenke handelt es sich um einen geringgradigen Hörverlust von 30 dB. Auch bei dieser geringen, eng begrenzten Funktionsstörung zeigt der ERA-Befund deutliche Antworten bei 20 dB Schallpegel in den Frequenzen 4 und 8 kHz, während im entscheidenden Frequenzbereich von 2 kHz eine Antwort erst bei 30 dB ermittelt werden konnte (vgl. Abb. 10d). Wenn auch eine deutliche Antwort beim Schallpegel von 30 dB im allgemeinen auf eine normale Schwelle schließen läßt, zeigt dieser Fall, daß selbst geringe Hörverluste mit der objektiven Methode nachweisbar sind , jedoch mit mehr Zeitaufwand.

HNO-Klinik und Poliklinik
der Freien Universität
Klinikum Charlottenburg

Name: M., J.

Vorname

Alter: 33 J.

Nr. des Pat.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Rechts															Links														
Verlaufsform																													
>4															>4														
Hörger 2																													
/															/														
Sätze																													
/															/														
Weber 2																													
+															+														
Rinne 2																													

Datum:

Prüfer:

Nr. d. Audiogramms:

Grund der Prüfung:

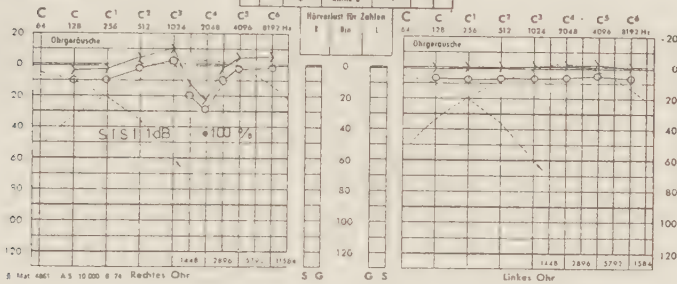


Abb. 10a : Fall 7 : Tonschwellenaudiogramm.

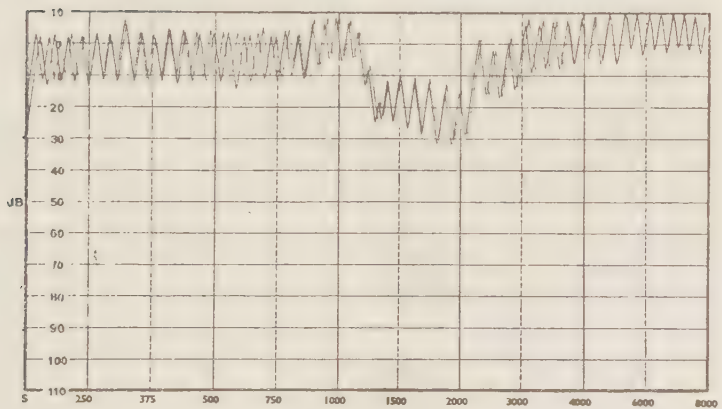


Abb. 10b : Fall 7 : Békésy-Audiogramm, Rechts.

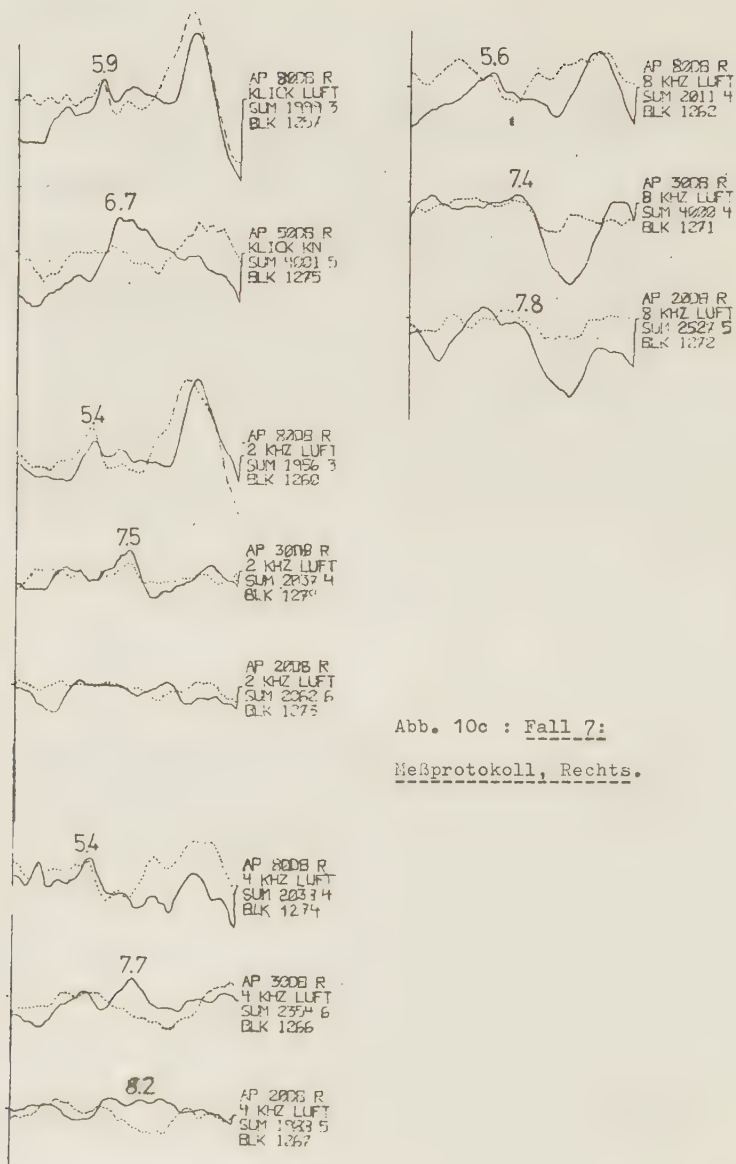


Abb. 10c : Fall 7:

Meßprotokoll, Rechts.

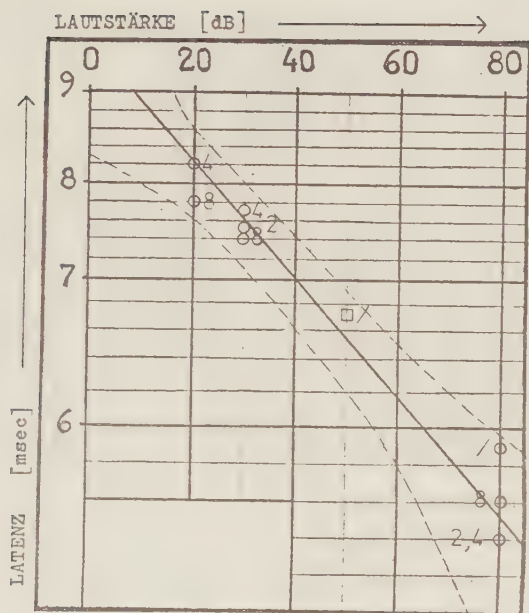


Abb. 10d : Fall 7, Pegel-Latenz-Diagramm,
Rechts.

Fall 8

P., G. 36 Jahre , Männlich .

Klinische Diagnose :

Beidseits Lärmschaden durch Fabrikarbeit.

Tonschwellenaudiogramm (Abb. 11a) :

Links Hochtonsenke von 4 - 6 kHz mit Hörverlust von ca. 30 dB;

Rechts Hochtonsenke bei 4 kHz mit Hörverlust von ca. 20 dB.

SISI-Test (1 dB) :

Links 100 % bei 4 kHz.

Békésy-Audiogramm (Abb. 11b) Links :

Keine Separation der Dauertonkurve; deutlicher Hörverlust im Bereich um 6 kHz.

ERA-Befund (Abb. 11c) Linkes Ohr :

Die Auswertung der ausgedruckten Meßprotokolle erfolgt analog zu Fall 7.

Klick / 80 dB / Luftschall : Antwort nach 5,2 msec;

Klick / 50 dB / Knochenschall : Antwort nach 6,3 msec;

2 kHz : positive Antwort ab 20 dB;

4 kHz : positive Antwort ab 40 dB;

8 kHz : positive Antwort ab 20 dB (zweifelhafte Antwort).

Beurteilung :

Der ERA-Befund erfaßt die 4 kHz-Senke mit Hörverlust von mindestens 30 dB : die früheste noch relativ unsichere Antwort bei 4 kHz wurde bei 40 dB gefunden, während bei 2 (und 8) kHz deutliche Antworten schon bei einem Schallpegel von 20 dB gefunden wurden (vgl. Abb 11d).

HNO-Klinik und Poliklinik
der Freien Universität
Klinikum Charlottenburg

Name: P., G.

Vorname:

Alter: 36 J.

Nr. des Pat.

I	L	G	I	G	I	L	G	K
Rechts			Links					
Verlaufsangabe								
4			4					
Bspgr. 1			Bspgr. 2					
/			/					
/			/					
← Weber: a			→					
+ Rinne: a			+					

Datum:

Prüfer:

Nr. d. Audiogrammes:

Grund der Prüfung:

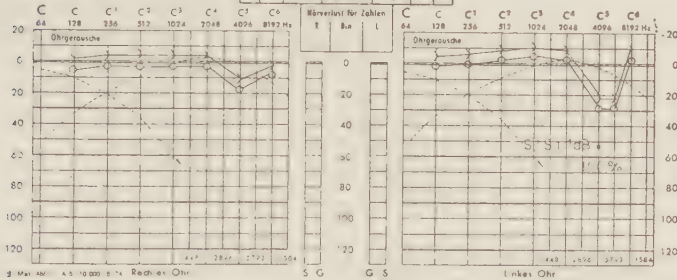


Abb. 11a : Fall 8 , Tonschwellenaudiogramm.

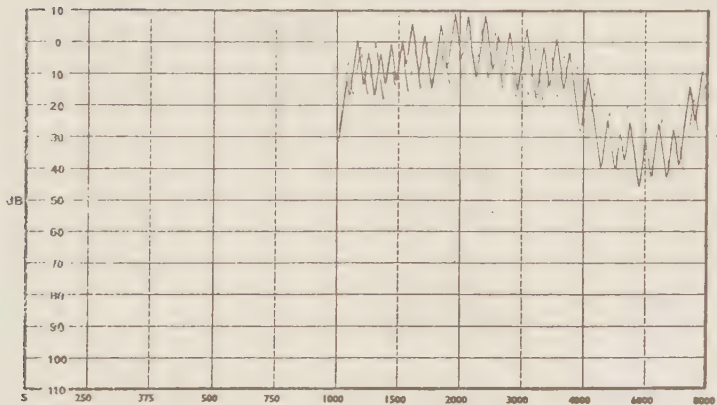


Abb. 11b : Fall 8 , Békésy-audiogramm, Links.

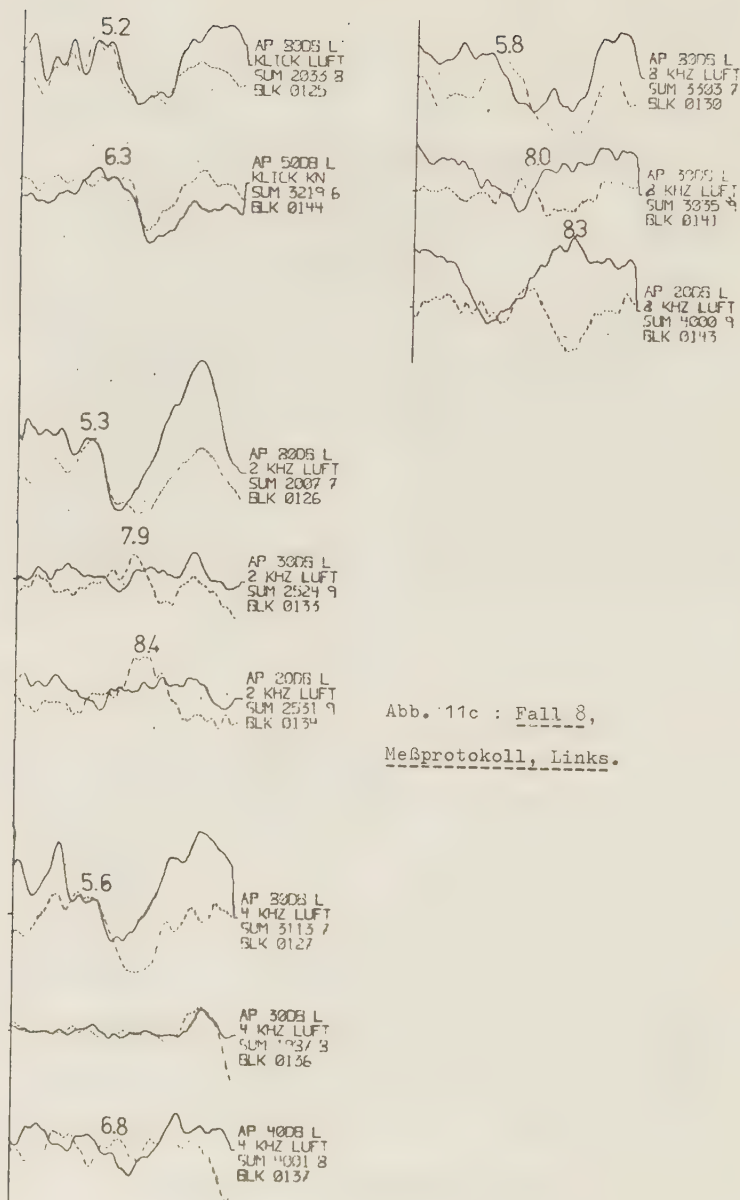


Abb. 11c : Fall 8,
Meßprotokoll, Links.

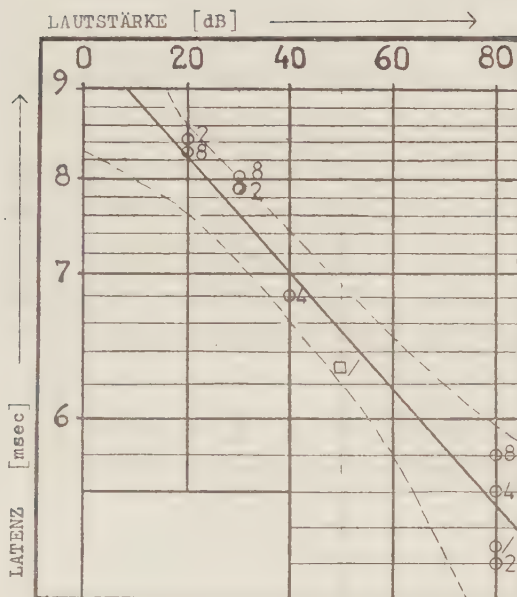


Abb. 11d : Fall 8, Pegel-Latenz-Diagramm,

Links.

Fall 9

B., E. 28 Jahre , Männlich .

Klinische Diagnose :

Schwindel; Links kleiner zentraler Trommelfelldefekt ;

Rechts subtotaler Trommelfelldefekt, rezidivierende Otitis media.

Tonschwellenaudiogramm (Abb. 12a) :

Links kombinierte Hörstörung mit 10 dB Schalleitungsanteil
und Abfall über 4 kHz, Hörverlust bei 8 kHz : 50 dB.

Rechts kombinierte Hörstörung mit Gesamthörverlust von ca. 60 dB
bis 4 kHz und Steilabfall zu den höheren Frequenzen hin.

SISI-Test (1 dB) :

Links 0 % bei 4 kHz, 100 % bei 8 kHz.

Békésy-Audiogramm (Abb. 12b) Links :

Keine Separation der Dauertonkurve.

ERA-Befund (Abb. 12c) Linkes Ohr :

Klick / 80 dB / Luftschall : Antwort nach 5,2 msec;

Klick / 50 dB / Knochenschall : untypische Antwort nach 8,2 msec;

2 kHz : positive Antwort ab 30 dB;

4 kHz : positive Antwort ab 30 dB;

8 kHz : positive Antwort ab 50 dB.

Auffällige Latenzverlängerungen bei den Antworten bei 8 kHz
um ca. 1 msec gleichmäßig bei 50, 60 und 80 dB Schallpegel.

Zur Kontrolle wurden Knochenleitungsversuche mit Gauß-Pip
2, 4 und 8 kHz / 50 dB gemacht; es ergab sich jedoch keine
zuverlässige Antwort (vgl. Abb. 12d) .

Beurteilung :
.....

Bei diesem Fall zeigen sich im Vergleich zu den anderen untersuchten Schallempfindungsstörungen deutliche Abweichungen: bei 8 kHz -im Bereich der Hörsenke- sind die Latenzen verlängert, die Hörschwelle liegt bei 50 dB Schallpegel; der SISI-Test bestätigt Recruitment bei 8 kHz.

Die Latenzverlängerung spricht dafür, daß die Hörsenke nicht im rein cochleären Bereich liegt; ein Teil kann auf den Schalleitungsanteil von 10 dB zurückgeführt werden , der Restbetrag wird mit großer Wahrscheinlichkeit auf einen retrocochleären Anteil schließen lassen.

Eine Latenzverlängerung, hervorgerufen durch den bei eventuell falsch sitzenden Kopfhörern entstehenden Richtungseffekt, wird durch die deutliche 50 dB-Antwort ausgeschlossen.

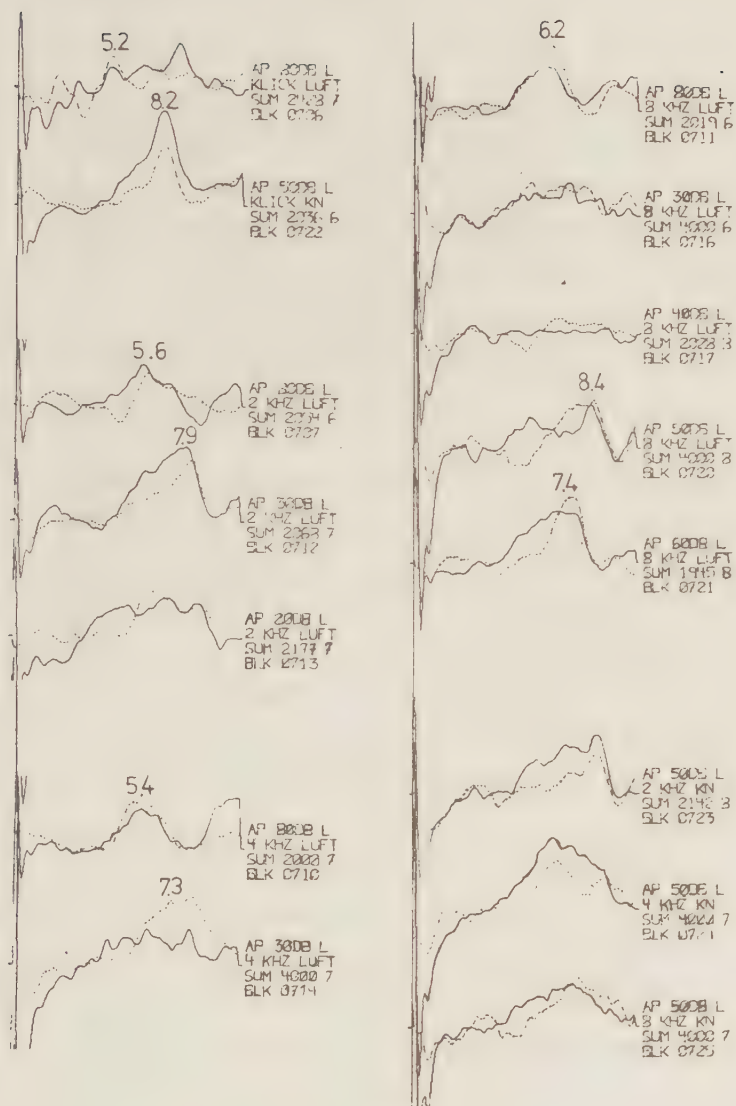


Abb. 12c : Fall 9, Meßprotokoll, Links.

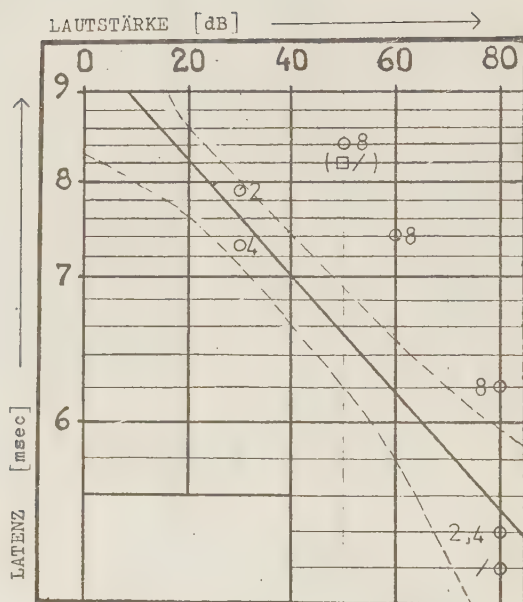


Abb. 12d : Fall 9. Pegel-Latenz-Diagramm,
Links.

3. Zusammenfassung der Ergebnisse

Von den 5 untersuchten Ohren mit basocochleärem Schaden haben alle Fälle positives Recruitment und keine Separation der Dauertonkurve im Békésy-Audiogramm. Beim ERA-Befund liegen alle Antworten im Normbereich, das heißt sie haben keine Latenzverlängerungen; die objektiv gefundene Hörschwelle mit Gauß-Pip-Reizen über Luftleitung -die erste positive Antwort- zeigt in allen Fällen gute Übereinstimmung mit dem Tonschwellenaudiogramm; die zur Kontrolle gemessenen Knochenleitungswerte für Klicks liegen im Normbereich, soweit sie zuverlässig sind.

Bei den 4 Fällen von schmalbandigen Funktionsstörungen handelt es sich um 2 Befunde mit 6 kHz-Senken, einer 2 kHz- und einer 4 kHz-Senke. Alle Fälle haben positives Recruitment im Bereich der Hörsenke und keine Separation der Dauertonkurve im Békésy-Audiogramm. Alle ERA-Antworten liegen im Normbereich ohne Latenzverlängerung. Die objektiv ermittelte Hörschwelle zeigt bei der 2 kHz- und der 4 kHz-Senke gute Übereinstimmung mit dem Tonschwellenaudiogramm. Die beiden 6 kHz-Senken sind wegen ihres eng begrenzten Frequenzbereichs zwischen den Meßfrequenzen von 4 und 8 kHz nur unscharf zu erfassen; eine auf den speziellen Fall abgestimmte Reizfrequenzwahl war zum Zeitpunkt der Untersuchung noch nicht möglich.

Beim Fall 9, der nach den üblichen audiometrischen Befunden eine kombinierte Hörstörung hat mit 10 dB Schalleitungsanteil und Abfall über 4 kHz mit Gesamthörverlust von 50 dB bei 8 kHz,

haben alle ERA-Antworten im Bereich der Hörstörung Latenzverlängerungen um ca. 1 msec. Der objektive Befund deutet hier eventuell auf einen zusätzlichen retrocochleären Schaden hin.

Die im Anfang dieses Kapitels aufgestellten Fragen können folgendermaßen beantwortet werden :

- 1) Mit der Ableitung von Hirnstampmpotentialen kann man eine Innenohrstörung nachweisen : erhöhte Hörschwelle bei Latenzen im Normbereich deutet auf einen cochleären Schaden hin, erhöhte Hörschwelle bei verlängerten Latenzen auf die Schädigung retrocochleärer Teile.
- 2) Bei cochleären Hörschäden bleibt die Latenz im Normbereich; die Potentialamplitude verhält sich analog zur Amplitude bei Messungen von Normalhörigen : in Abhängigkeit von der Verstärkung schwankende Höhe und schnelles Verschwinden in Schwellennähe.
- 3) Eine objektive Schwellenbestimmung bei Schallempfindungsstörungen ist möglich : die beim geringsten Schallpegel ermittelte positive ERA-Antwort entspricht der Hörschwelle im Tonschwellenaudiogramm.
- 4) Durch den eng begrenzten Frequenzbereich der beliebig wählbaren Gauß-Pips ist es möglich, Schallempfindungsstörungen, die nur einen schmalen Frequenzbereich betreffen, bezüglich der Frequenz objektiv genau zu erfassen.

E. DISKUSSION

I. Die Luftleitungswerte Normalhöriger bei Reizung mit Gauß-Pips

Die Pegel-Latenz-Kennlinie für Normalhörige bei Klick-Reizung über Luftleitung zeigt eine Verlängerung der Latenzzeit bei abnehmendem Reizpegel; ebenso verhält sich die in dieser Untersuchung ermittelte Pegel-Latenz-Kennlinie für Normalhörige bei Reizung mit Gauß-Pips der Frequenzen 2, 4 und 8 kHz.

Die über alle Meßfrequenzen registrierte Latenzverlängerung von 1,0 msec bei Reizung mit Gauß-Pips im Vergleich zu Klick-Reizung wurde durch den späteren Reizbeginn und den langsameren Reizanstieg der Gauß-Pips erklärt; diese Differenz der beiden Normkennlinien konnte verrechnet bzw. durch um 1,6 msec früheren Reizbeginn bei Gauß-Pips ausgeglichen werden, wonach beide Normkennlinien einen gemeinsamen Normalstrebereich aufweisen. Das erleichtert den Vergleich zwischen den ermittelten Latenzen bei Klick-Reizung und Gauß-Pip-Reizung; abnormes Latenzverhalten wird gut erkannt; auch eine automatische Auswertung der Ergebnisse ist möglich, GERULL (9) .

Da die Amplituden der als Reizantwort ermittelten Summenpotentiale intra- und interindividuell starken Schwankungen unterliegen, konnte hier keine Kennlinie für das Amplitudenverhalten bei Gauß-Pip-Reizung ermittelt werden. Es kann lediglich die Tendenz abnehmender Amplituden bei abnehmendem Reizpegel festgestellt werden.

Eine Erweiterung der Frequenzbereiche der Gauß-Pips auf klinisch wichtige Bereiche, wie z.B. 3, 6 und 12 kHz, wird eine klinisch anwendbare objektive Audiometrie in Analogie zum Tonschwellenaudiogramm ermöglichen.

II. Die Untersuchung von Schallempfindungsstörungen

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß sich die Hörschwellen in allen untersuchten Fällen bestätigen lassen durch die Ermittlung eines Schallpegels, bei dem das Summenpotential in einer Meßreihe mit einem sicher überschwelligen und unterschwelligen Reizpegeln nach Erreichen der Hörschwelle deutlich registriert wird. Eine Bestimmung der Latenzkennlinie ermöglicht durch den Vergleich mit der Latenzkennlinie Normalhöriger das Erkennen von Latenzverlängerungen.

Bei cochleären Hörstörungen wurden keine Latenzverlängerungen festgestellt; beim Vorliegen von Latenzverlängerungen und ausgeschlossenen Schalleitungsanteil wird auf einen retro-cochleären Anteil der Hörstörung geschlossen.

Bestätigt werden mit diesen Befunden die Ergebnisse von ARAN (1) und WANG und DALLOS (17) :

Bei Haarzellschäden (Recruitment) werden von ARAN (1) keine Latenzverschiebungen gefunden; er erhält eine abgebrochene Latenzkennlinie mit normaler Latenz im Resthörbereich (Abb. 13).

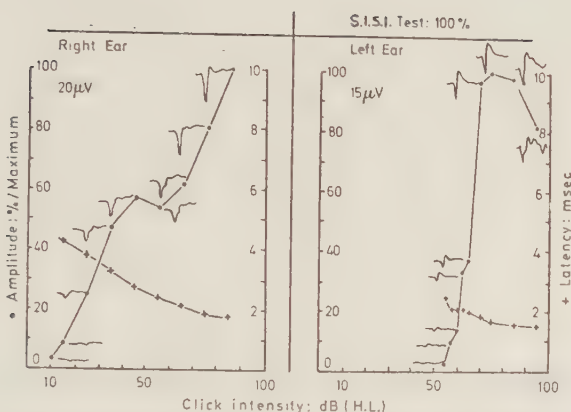


Fig.5. Comparison of the input-output amplitude and latency curves between a normal patient (No. 161—M. Céline, 22 years old) and a child (No. 155—E. Philippe 9 years old) with recruitment.

Abb. 13 : ARAN (1) (138, Fig.5) : Vergleich der
Amplituden- und Latenzkennlinien bei einem
Normalhörigen und einem Patienten mit Recruitment.

WANG und DALLOS (17) fanden die Latenzkennlinie bei starker Haarzellschädigung identisch mit der bei normaler Cochlea. Sie geben dafür folgende Erklärung: die Reizintensität ist der ausschlaggebende Faktor für die Größe der Erregung der Basilarmembran. Bei normalem Mittelohr ist somit die Erregung der Basilarmembran bei gleichem Reizpegel gleich für jede Cochlea, unabhängig von Haarzellschäden. Daraus folgt, daß für Tonreize mit gegebener Frequenz und Anstiegszeit die Latenz der abgeleiteten Aktionspotentiale nur von der Erregungsgröße der

Basilarmembran abhängig ist, ohne durch den Restanteil unbeschädigter Haarzellen in der Cochlea beeinflußt zu werden.

YOSHIE und OHASHI (20) fanden bei 15 Patienten mit Schallempfindungsstörungen unterschiedlichen Ausmaßes deutliche Latenzverlängerungen; einige der Latenzkennlinien zeigen eine zunehmende Steigung bei abnehmendem Reizpegel. Es wird als Erklärung dafür neben verschiedenen Hypothesen angenommen, daß nur bestimmte Innenohrstörungen zu Latenzverlängerungen führen könnten.

CULLEN (3) , der akustisch evozierte Nervenaktionspotentiale vom Trommelfell abgeleitet hat, stellte eine mathematische Beziehung zwischen Reizintensität und Latenz (L) der als Reizantwort ermittelten Summenantworten auf:

$$L = a + K \cdot e^{-bI}$$
, wobei a = asymptotischer Latenz-Endwert, I = Reizintensität in dB, K und b Konstanten der Exponentialfunktion sind. CULLEN (3) fand heraus, daß bei Schallempfindungsstörungen die Konstanten K und b, also der Verlauf der Latenzkennlinie, verändert sind im Vergleich zu Normalhörigen, was er auf den möglichen Einfluß des Recruitment zurückführt. Die beobachteten Änderungen konnten jedoch diagnostisch noch nicht nutzbar gemacht werden.

Eine Amplitudenkennlinie konnte in der vorliegenden Arbeit aufgrund starker intra- und interindividueller Amplitudenschwankungen nicht ermittelt werden; lediglich das auch bei Normalhörigen bekannte Amplitudenverhalten : generell ist eine Amplitudenvergrößerung bei steigendem Schallpegel zu verzeichnen.

YOSHIE und OHASHI (20) fanden bei Schallempfindungsstörungen eine Gesamtreduktion der Amplitude und gleichmäßig schnelles Wachsen der Amplitude bei wachsendem Schallpegel. Die von der Amplitudenkennlinie Normalhörer bekannte L-Kurve - vgl. YOSHIE und OHASHI (20) (75, 76) - fehlte bei Schallempfindungsstörungen, was vielleicht typisch ist und diagnostisch ausgenutzt werden kann.

Auch ARAN (1) stellt ein Fehlen der L-Kurve bei der Amplitudenkennlinie von Patienten mit Recruitment fest.

Bei einem Fall der in der vorliegenden Arbeit untersuchten Patienten wurde im Bereich der Hörstörung (Frequenzbereich um 8 kHz) eine Latenzverlängerung festgestellt, welche auf einen vermuteten retrocochleären Anteil des Schadens zurückgeführt wurde.

Die verlängerten Latenzen, die YOSHIE und OHASHI (20) bei 15 Fällen von Innenohrschwerhörigkeiten fand, sind möglicherweise auch auf die Schädigung retrocochleärer Teile zurückzuführen.

ARAN (1) fand bei seiner Untersuchung von Patienten mit Recruitment eine plötzlich abknickende Latenzkennlinie im Bereich der Hörschwelle (Abb. 13), das bedeutet möglicherweise eine Latenzverlängerung in Schwellennähe bei cochleärem Schaden.

Die Ableitung von Hirnstammpotentialen erwies sich als zuverlässige Methode zur Funktionsprüfung des Ohres bei Schallempfindungsstörungen : sowohl das Ausmaß des Schadens kann

durch Schwellenermittlung bestimmt werden als auch der Ort der Störung durch die Auswertung der Latenzkennlinie; so ist ein rein cochleärer Schaden durch eine erhöhte Hörschwelle bei Latenzen im Normbereich gekennzeichnet, eine erhöhte Hörschwelle bei verlängerten Latenzen weist nach Ausschluß einer Schallleitungsstörung z.B. durch Knochenerregung mit normalen Antworten auf die Schädigung retrocochleärer Teile hin.

Die laufenden Untersuchungen der "BERLINER Arbeitsgruppe" zielen auf eine breite klinische Erprobung der objektiven Audiometrie, insbesondere der Ableitung der Hirnstammpotentiale.

Es werden z.Zt. Messungen mit Knochenerregung gemacht zur Erweiterung der Anwendung der Methode bei Schalleitungsstörungen und zentralen Hörschäden; Patienten mit Morbus Menière, Hörsturz, Lermoyez-Syndrom sowie Patienten der Neurochirurgischen Klinik mit erhöhtem Hirndruck werden weiterhin systematisch untersucht.

Ständige technische Verbesserungen, wie z.B. die Erweiterung der Gauß-Pips auf weitere Frequenzen, Automatisierung der Ablesung und Ausschaltung von technischen Störfaktoren haben nach Abschluß der hier vorgelegten Untersuchung zu einer Vervollständigung dieser Methode der objektiven Audiometrie zu einer routinemäßig anwendbaren Funktionsprüfung geführt.

Hierdurch ist es möglich, Störungen des Hörvermögens, auch an Neugeborenen und Kleinkindern, entwicklungsgestörten, mehrfach-behinderten Kindern, Ausländern ohne deutsche Sprachkenntnisse und bei den vielfältigen neurologischen Erkrankungen mit Kommunikationsstörungen oder Bewußtseinsstörungen durch Tumoren

oder posttraumatische Läsionen der Hörbahn bezüglich Ausmaß und Lokalisation verletzungsfrei abzuklären, was mit den herkömmlichen anderen Methoden häufig nicht gelang.

F. ZUSAMMENFASSUNG

- 1) Die vorliegenden Ergebnisse wurden durch die Ableitung akustisch evozierter Hirnstammpotentiale ermittelt.
- 2) Es wurden Klick-Reize und Gauß-Pip-Reize der Frequenzen 2, 4 und 8 kHz verwendet.
- 3) Die Pegel-Latenz- Normkennlinie für Gauß-Pips 2, 4, 8 kHz bei Luftleitung wurde erstellt und der bekannten Pegel-Latenz-Normkennlinie für Klick-Reiz angeglichen.
- 4) Es wurde ein rauschärmerer Verstärker zur Verbesserung des Rausch-Signal-Abstandes erfolgreich eingesetzt, wodurch die Summenantworten deutlich ablesbar wurden.
- 5) Bei 10 Ohren mit frequenzabhängigen Schallempfindungsstörungen wurde nach Funktionsprüfung mit herkömmlichen Methoden ein objektives Audiogramm angefertigt; damit konnten in 4 Fällen von Hochtonsenken und in 5 Fällen von Innenohrschäden vom basocochleären Typ die subjektiven Befunde bestätigt werden. In einem Fall wurde eine Schallempfindungsstörung mit retrocochleärem Anteil vermutet.
- 6) Die objektive Audiometrie ermöglicht eine topische Differenzierung zwischen rein cochleären Schäden und Schallempfindungsstörungen mit retrocochleärem Anteil.

G. LITERATURNACHWEIS

1. ARAN, J.-M.: The Electro-Cochleogram. Arch. klin. exp. Ohr-,Nasen- und Kehlk.-Heilkunde, 198, 128 (1971).
2. DAVIS, H., YOSHIE, N. : Human Evoked Cortical Responses to Auditory Stimuli. Physiologist 6, 164 (1963).
3. CULLEN, J.K.: Human Acoustic Nerve Action Potential Recordings from the Tympanic Membran without Anesthesia. Acta Otolaryng. 74: 15-22, 1972.
4. ENGELN, W.: Dissertation, Freie Universität Berlin, in Vorbereitung.
5. GERULL, G., GIESEN, M., MROWINSKI, D., RUDOLPH, N.: Untersuchung eines frühen, von der Kopfhaut ableitbaren Potentials für die objektive Audiometrie. H.N.O. 20, 339 (1972).
6. GERULL, G., GIESEN, M., MROWINSKI, D., RUDOLPH, N.: Diagnostik von Hörstörungen durch ERA mit sehr frühen Potentialen. H.N.O. 22, 220 (1974).
7. GERULL, G., GIESEN, M., MROWINSKI, D., RUDOLPH, N.: Properties of an early AER of 5-10 msec latency. Rev. Laryng. 95, 560 (1974).
8. GERULL, G., GIESEN, M., MROWINSKI, D., RUDOLPH, N.: Klinischer Einsatz verschiedener ERA-Verfahren zur Untersuchung von Funktionsstörungen der Hörbahn. Z. Laryng. Rhinol. 54, 671 (1975).
9. GERULL, G.: Dissertation, Technische Universität Berlin, in Vorbereitung.

10. GIESEN, M., RUDOLPH, N.: Audiometrie bei Neugeborenen und Säuglingen mit dem 6 msec-Potential. Arch. 205, 2 (1973).
11. JEWETT, D.L., WILLISTON, J.S.: Auditory Evoked Far Fields Averaged from the Scalp of Humans. Brain 94, 681 (1971).
12. KEIDEL, W.D., SPRENG, M.: Elektronisch gemittelte langsame Rindenpotentiale des Menschen bei akustischer Reizung. Acta Oto-laryng. 56, 318 (1963).
13. KOLLAR, A.: Diagnose der Innenohrschwerhörigkeit mit evozierten Hirnpotentialen (ERA). Mschr. Ohrenheilk. 105, 101 (1971).
14. LEV, A., SOHMER, H.: Sources of Averaged Neural Responses Recorded in Animal and Human Subjects During Cochlear Audiometry (Electro-Cochleogram). Arch. klin. exp. Ohr-, Nas.-und Kehlk.-Heilk. 201, 79 (1972).
15. RUDOLPH, N., MROWINSKI, D., GIESEN, M., GERULL, G.: Clinical Experience with an Early AER of 5-10 msec Latency. Rev. Laryng. 95, 566 (1974).
16. SOHMER, H., FEINMESSER, M., BAUBERGER-TELL, L., LEV, A., DAVID, S.: Routine Use of Cochlear Audiometry in Infants with Uncertain Diagnosis. Ann. otol. 81, 72 (1972).
17. WANG, C.Y., DALLOS, P. : Latency of Whole-Nerve Action Potentials: Influence of Hair-Cell Normalcy. J. acoust. Soc. Amer. 52, 1678 (1972).
18. WOLF, K., Dissertation, Freie Universität Berlin, in Vorbereitung.

19. YOSHIE, N.: Auditory Nerve Action Potential Responses to Clicks in Man. Laryngoscope (St. Louis) 78, 198 (1968).
20. YOSHIE, N., OHASHI, T.: Clinical Use of Cochlear Nerve Action Potential Responses in Man for Differential Diagnoses of Hearing Losses. Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 252, 71 (1969).
21. YOSHIE, N., YAMAURA, K.: Cochlear Microphonic Responses to Pure Tones in Man Recorded by a Non-Surgical Method. Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 252, 37 (1969).

LEBENS LAUF

Ich, Christine Willer, bin am 7. 12. 1948 als Tochter meines Vaters Reinhold und seiner Ehefrau Eva, geb. Sell, in Berlin geboren. Ich absolvierte die Grundschule und das altsprachliche Kant-Gymnasium in Berlin-Spandau und legte dort am 15. 2. 1968 die Reifeprüfung ab. Ich bestand nach 12 Semestern Studium des Faches Zahnmedizin an der Freien Universität Berlin am 1. 3. 1974 das Staatsexamen; ich erhielt die zahnärztliche Approbation am 15. 3. 1974. Seit dem 1. 4. 1974 bin ich als Assistentin in Berlin tätig.

Berlin, den 31. 3. 1976

Christine Willer

difo-druck · 8600 bamberg
untere königstraße 30